

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**Т. С. Айрапетян**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**  
**З ДИСЦИПЛІНИ**

**«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ**  
**ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД»**

(для студентів 4 курсу денної форми навчання напряму підготовки  
6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)», 0926 «Водні ресурси»)

**Харків ХНАМГ 2008**

**Айрапетян Т. С.** Конспект лекцій з дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод» (для студентів 4 курсу денної форми навчання напрямку підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)», 0926 «Водні ресурси») / Т. С. Айрапетян; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2008. – 81 с.

Автор: Т. С. Айрапетян

Рецензент: доц. С. Б. Козловська

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод,  
протокол № 1 від 30.08.2007 р.

## **Розділ І. ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

### **ВСТУП**

Промислові підприємства (ПП) витрачають величезну кількість води, а деякі вимагають навіть безперервної подачі води. Зі збільшенням потужності підприємств, використанням складних технологічних процесів, споживання води збільшується.

Система водовідведення ПП призначена для забезпечення відводу води, що в силу придбаних технологічних і виробничих забруднень перетворилася в стічну воду, яку необхідно очищати перед повторним використанням або скиданням за межі ПП. Після використання у виробничих цілях вода забруднюється або нагрівається, змінює свої первинні властивості, що робить її непридатною для подальшого використання, тобто вона перетворюється у виробничі стічні води (промислові стоки).

У складі інженерних комунікацій кожного промислового підприємства є комплекс водовідвідних мереж і споруд, за допомогою яких здійснюється відведення з території підприємства стічних відпрацьованих вод (якщо подальше використання їх неможливо за технічними умовами, або недоцільно за техніко-економічними показниками), а також споруд і устаткування для очистки стічних вод та видалення з них цінних речовин і домішок.

При проектуванні очисних споруд необхідно враховувати склад і властивості виробничих стічних вод, норми водовідведення на одиницю продукції, умови випуску виробничих стоків у міську каналізацію й водойми, а також необхідний ступінь їх очистки.

## **1. ПРОМИСЛОВІ СТІЧНІ ВОДИ**

### **1.1. Класифікація стічних вод, що відводяться від промислових підприємств**

Стічні води, що відводяться з території промислових підприємств (ПП), за складом розділяють на три види:

- виробничі, які утворюються в процесі виробництва різних виробів, продуктів, матеріалів (технологічні розчини, що відпрацювали, промивні води, води від охолодження; шахтні і кар'єрні води; води хімводочистки; води від миття устаткування й виробничих приміщень, води від збагачувальних фабрик, а також від очистки та охолодження газоподібних відходів, очистки твердих відходів і їх транспортування тощо);
- атмосферні води - дощові води та води від танення снігу;
- побутові – стічні води від санітарних вузлів виробничих корпусів і будинків, а також від душових установок, наявних на території ПП.

Відповідно до цього розподілу на ПП існують 3 колектори для відводу:

- виробничо-технологічних стічних вод, тобто використаних у технологічному процесі або що утворюються при видобутку корисних копалин (вугілля, руди, нафти), технологічних процесах їх переробки на металургійних підприємствах і одержанні готового продукту;
- побутових стічних вод;
- поверхневого стоку з території ПП, що утворюється з дощових і талих вод;

Побутова каналізація ПП підключається до загальноміської. Таким чином, водовідведення ПП розглядається в основному відносно до виробничих стічних вод і поверхневого стоку з території ПП.

## **1.2. Склад та властивості виробничих стічних вод.**

### **Режим водовідведення**

Виробничі стічні води діляться на 2 основні категорії: забруднені і незабруднені (умовно чисті). Незабруднені води надходять від холодильних, компресорних, теплообмінних апаратів. Вони утворюються при охолодженні виробничого устаткування, готової продукції. Ці води тільки нагріваються і після охолодження використовуються повторно.

Отже, до промислових стічних вод відносяться:

- умовно чисті (від охолодження агрегатів);
- хімічно забруднені стічні води;
- злизові стоки, що збираються з території ПП.

Хімічно забруднені стічні води, в свою чергу, підрозділяють на:

- органічно забруднені (підприємства м'ясної, харчової, целюлозно-паперової, хімічної промисловості, заводи з виробництва пластмас, каучуку);
- забруднені переважно мінеральними домішками (підприємства металургійної, машинобудівної, рудо- вуглевидобувної промисловості, заводи з виробництва мінеральних добрив, кислот, будівельних матеріалів);
- забруднені мінеральними і органічними домішками (підприємства нафтовидобувної, нафтопереробної, нафтохімічної, текстильної, легкої, фармацевтичної промисловості; заводи з виробництва консервів, цукру, та ін.);
- води, що мають специфічні забруднення.

Речовини, що забруднюють виробничі стічні води, різноманітні і залежать від технології та виду виробництва.

За вмістом забруднюючих речовин виробничі стічні води (слабкоконцентровані та висококонцентровані) розділяються на чотири групи: 1-500, 500-5000, 5000-30000 і більше 30 000 мг/л.

Виробничі стічні води можуть розрізнятися за фізичними властивостями забруднюючих їх органічних продуктів (наприклад, за температурою кипіння): менше 120°C, 120—250°C та вище 250°C.

За ступенем агресивності стічні води розділяють на:

- слабкоагресивні (слабкокислі із  $\text{pH} = 6-6,5$  і слабколужні із  $\text{pH} = 8-9$ );
- сильноагресивні (сильнокислі із  $\text{pH} < 6$  і сильнолужні із  $\text{pH} > 9$ );
- неагресивні (з  $\text{pH}=6, 5-8$ ).

Для розробки раціональної схеми водовідведення і оцінки можливості повторного використання виробничих стічних вод визнається їх склад і режим водовідведення. При цьому аналізуються фізико-хімічні показники стічних вод і режим надходження в каналізаційну мережу не тільки загального стоку промислового підприємства, але й стічних вод від окремих цехів.

При аналізі стічних вод повинні визначатися: вміст компонентів, специфічних для даного виду виробництва (фенолів, нафтопродуктів, поверхнево-активних, радіоактивних, вибухонебезпечних речовин), загальна кількість органічних речовин, що виражається величинами БПК<sub>повн</sub> і ХПК; активна реакція; інтенсивність окрашення; ступінь мінералізації. Необхідно встановити такі параметри, як кінетика осідання або спливання механічних домішок, коагулюємість стоку та ін. Ці дані дозволяють вибрати найбільш доцільний і економічно обґрунтований метод очистки стічних вод для певного підприємства.

Фізико-хімічні показники виробничих стічних вод окремих підприємств свідчать про широкий діапазон коливань складу цих вод, що викликає необхідність ретельного обґрунтування вибору оптимального методу очистки для кожного виду виробничих стічних вод.

На різних підприємствах, навіть при однакових технологічних процесах, склад виробничих стічних вод, режим водовідведення і питома витрата на одиницю продукції, що випускається, досить різноманітні. Велике значення у формуванні складу виробничих стічних вод має вид сировини, що переробляється.

Виробничі стічні води різних галузей промисловості істотно відрізняються як за складом забруднюючих речовин, так і за їх концентраціями. Так, наприклад, у стічних водах заводів чорної металургії в окремих цехах затримуються: завислих неорганічних речовин 0,2-5 г/л, окалини 0, 3-2 г/л, фенолів 0, 7-1 г/л, смол і мастил 0,2-1,8 г/л. У стічних водах целюлозно-паперових заводів завислих речовин затримуються 400-2000 мг/л - це переважно волокно і целюлоза. У стічних водах текстильних підприємств утримуються завислих речовин 250-400 мг/л, миючих речовин 50-120 мг/л. У стічних водах підприємств важкої індустрії затримуються в основному забруднення мінерального походження, а харчової й легкої промисловості - забруднення органічного походження.

Склад стічних вод залежить також від технологічного процесу виробництва, застосовуваних компонентів, проміжних виробів і продуктів, продукції, що випускається, складу вихідної водопровідної води, місцевих умов і інших факторів.

Кількість виробничих стічних вод визначається залежно від продуктивності підприємства за укрупненими нормами водоспоживання та водовідведення для різних галузей промисловості.

Нормою водоспоживання вважається доцільна кількість води, яка необхідна для виробничого процесу, встановлена (або що рекомендується) на підставі передового досвіду чи науково обґрунтованого розрахунку. Нормою водовідведення є встановлена середня кількість стічних вод, що відводяться від виробництва у водойму при доцільній нормі водоспоживання.

До укрупненої норми водоспоживання входять всі витрати води на підприємстві, як виробничі, так і господарсько-питні, витрати для приймання душів тощо. Норма водовідведення включає кількість стічних вод, що випускаються у водойму: очищених виробничих і побутових, виробничих, що не потребують очистки, фільтраційних, із ставків-освітлювачів, хвостосховищ і шламонакопичувачів.

Укрупнені норми водоспоживання та водовідведення виражаються в м<sup>3</sup> води на одиницю готової продукції або використовуваної сировини.

Укрупнені норми водовідведення в різних галузях промисловості коливаються в широких межах. Так, наприклад, при збагаченні 1 т вугілля утворюється 0,08 м<sup>3</sup> стічних вод; при виплавці 1т сталі — 4 м<sup>3</sup>; при виробництві 1 т синтетичного дивинилового каучуку — 18 м<sup>3</sup>; 1 т добрив — 2 м<sup>3</sup>; 1 т бавовняної тканини — 300 м<sup>3</sup>; 1 т хліба — 4 м<sup>3</sup>, 1 т м'яса — 22 м<sup>3</sup>; 1 т цементу — 0,12 м<sup>3</sup>. При відсутності норм водовідведення кількість стічних вод визначається за технологічними розрахунками відповідно до регламенту виробництва. Кількість стічних вод від великих промислових підприємств може досягати 200—400 тис. м<sup>3</sup> за одну добу, що відповідає кількості стічних вод від міста з населенням 1—2 млн. чол.

Розрахункові витрати виробничих стічних вод, що надходять на очисні споруди, визначають за формулами

добова витрата, м<sup>3</sup>/доб

$$Q_{\text{сут}} = N \cdot M, \quad (1.1)$$

де  $N$  – норма водовідведення на одиницю продукції або сировини, що переробляється, м<sup>3</sup>/од продукції;

$M$  - добова продуктивність цеху, установок по сировині або продукції, од. прод./добу.

Секундна витрата, л/с

$$q_{\text{с max}} = \frac{N \cdot M_{\text{зм}} \cdot K_{\text{год}}}{T \cdot 3,6}, \quad (1.2)$$

де  $M_{\text{зм}}$  - змінна продуктивність цеху, установки по сировині або продукції, од. прод./зм;

$K_{\text{год}}$  - коефіцієнт годинної нерівномірності утворення промстоков;

$T$  - тривалість роботи цеху в зміну, год.

На практиці ж кількість промстоков від окремих установок або цехів може коливатися в широких межах: від декількох м<sup>3</sup>/год до десятків тисяч.



Крім того, слід враховувати нерівномірність утворення промстоков і при проектуванні передбачати акумулюючи ємкості необхідних обсягів.

Виробничі стічні води протягом зміни можуть надходити рівномірно або нерівномірно, що пов'язано з безперервною або періодичною роботою технологічних установок. На багатьох виробництвах хімічної, легкої, текстильної, фармацевтичної, харчової й інших галузей промисловості відбуваються залпові надходження висококонцентрованих і високотоксичних стоків. При цьому періодичність скидання може бути один раз у зміну, у добу, у тиждень. Режим спуску виробничих стоків цілком визначається регламентом технологічного процесу виробництва окремих цехів і промислового підприємства в цілому.

Для промислових підприємств, крім режиму водовідведення стічних вод за годинами, на протязі доби слід враховувати графіки добового коливання складу стічних вод за основними фізико-хімічними показниками, а також за специфічними забруднюючими компонентами (поверхнево-активними, токсичними і радіоактивними речовинами).

### **Контрольні запитання**

1. Поняття “стічні води”. Основні категорії стічних вод, що відводяться від промислових підприємств.
2. За якими показниками хімічного складу та фізико-хімічними властивостями забруднюючих речовин розділяють виробничні стічні води?
3. Види забруднень промислових стічних вод.
4. Як визначити розрахункову витрату виробничних стічних вод?
5. Кількісна та якісна характеристика промислових стічних вод. Навести приклади.

## **2. ОСОБЛИВОСТІ ВОДОВІДВЕДЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

### **2.1. Системи водовідведення ПП**

На ПП залежно від характеру забруднення стічних вод і способів очистки системи водовідведення ПП також як і системи водовідведення міст, існують загальносплавні, роздільні (повні й неповні) і змішані. Вибір системи водовідведення ПП досить важливий, тому що на окремих підприємствах можуть утворюватися до 5-10 різних видів стічних вод, які відрізняються за витратою, складом і властивостями забруднень, що утримуються в них.

При виборі системи водовідведення необхідно враховувати наступні можливості:

- сумісної чи роздільної очистки окремих видів (від окремих цехів) стічних вод;
- добування й використання цінних речовин, що втримуються в стічних водах;
- повторного використання виробничих стічних вод без очистки або після часткового очистка в системі оборотного водопостачання, або для технічних потреб іншого цеху чи виробництва;
- використання для виробничих цілей очищених побутових і дощових стічних вод;
- використання виробничих вод для зрошення сільськогосподарських і технічних культур.

Крім того, необхідно враховувати кількість, склад та властивості стічних вод окремих цехів і підприємства в цілому, а також режим водовідведення, потужність водойми, в яку передбачається скидання очищених стічних вод, її самоочисну здатність і вид водокористування.

Каналізація ПП, як правило, здійснюється за повною роздільною системою.

*Загальносплавну систему водовідведення доцільно застосовувати для невеликих ПП (з малою витратою води), якщо виробничі стічні води близькі за*

складом до побутових стічних вод. Загальносплавна система призначена для спільного відведення малозабруднених, але різних за походженням стічних вод (атмосферних, побутових і виробничих) по одній водовідвідній мережі на єдині очисні споруди (рис.2.1, а).

*Роздільна система каналізації* характеризується роздільним відведенням різних за походженням і характером забруднення стічних вод. Роздільні системи водовідведення можуть мати кілька водовідвідних мереж для відводу виробничих стічних вод від окремих цехів. Такі мережі називаються виробничими (наприклад, кислотовміщуючі, нафтавміщуючі). Побутові й дощові води відводяться по самостійних мережах (побутова мережа і дощова мережа). При цьому можливі варіанти спільного відведення декількох видів стічних вод, наприклад, виробничих стічних вод усього підприємства або окремого цеху разом з побутовими водами (виробничо-побутова водовідвідна мережа); виробничих вод і дощових (у цьому випадку мережа називається виробничо-дощова).

Застосування роздільної системи каналізації дозволяє диференційовано вирішувати очистку різних за складом забруднень стічних вод і найбільш повно використовувати очищені стічні води для виробничих потреб підприємства. При такій системі сильно забруднені води можуть направлятися на локальні очисні споруди до їх змішання з якими-небудь слабко забрудненими водами. Очищену на очисних спорудах невелику кількість стічних вод, як правило, використовують повторно на виробництві.

Наприклад, за роздільною системою здійснюється відведення стічних вод (дощових, побутових, виробничих, фенольних) на коксохімічних підприємствах. Виробничо-фенольні стічні води піддаються локальному очищенню на заводських очисних спорудах, потім використовуються для виробничих потреб підприємства або передаються в систему міської каналізації для спільної доочистки з побутовими стічними водами. На більшості ПП очищені фенольні стічні води використовують для гасіння коксу.

Роздільну систему водовідведення з локальними очисними спорудами промислових стічних вод (рис. 2.1,б) доцільно застосовувати при різному характері забруднень побутових і виробничих вод. У стічних водах окремих цехів можуть бути специфічні забруднення, для очистки від яких доцільне влаштування локальних очисних споруд. Очищені на локальних очисних спорудах стічні води залежно від їх складу скидають у водойму або направляють на міські очисні споруди.

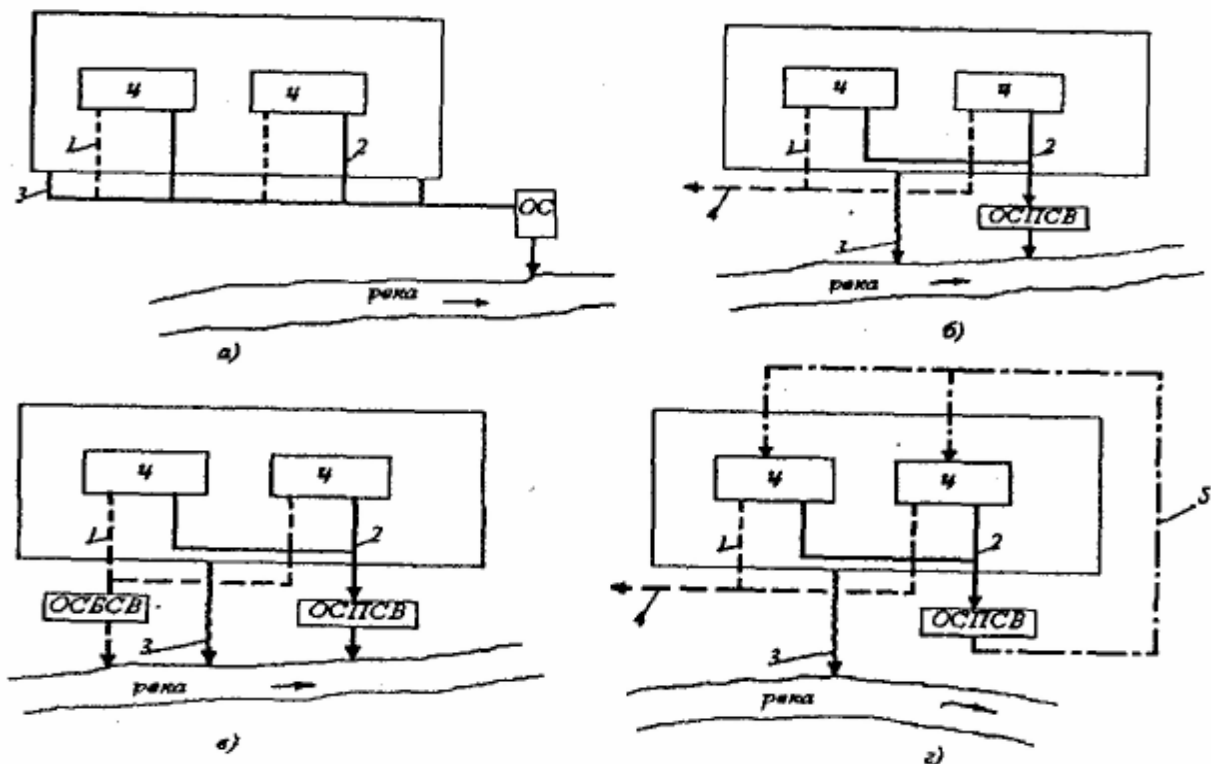


Рис. 2.1 - Системи водовідведення промислових підприємств:

а) загальносплавна система; б) роздільна система з локальною очисткою промислових стічних вод; в) роздільна система з локальною очисткою промислових і побутових стічних вод; г) роздільна система з повним оборотом промислових і побутових стічних вод; д) цехи промпідприємств; ОС - очисні споруди, ОСБСВ - очисні споруди побутових стічних вод; ОСПСВ - очисні споруди промислових стічних вод; 1) мережі побутової каналізації; 2) мережі промканалізації; 3) мережі дощової каналізації; 4) мережі міської каналізації; 5) мережі оборотної системи водопостачання

Роздільну систему водовідведення з локальною очисткою побутових і промислових стічних вод (рис.2.1, в) доцільно застосовувати у тих випадках,

коли сумісна очистка побутових і промислових стічних вод неможлива, а підприємство перебуває на великому видаленні від міста або селища.

Роздільну систему з повним оборотом промислових стічних вод (рис.2.1,г) застосовують у випадку маловодності джерел водопостачання, коли свіжої води, вистачає тільки на підживлення системи водопостачання. Вибір тієї або іншої системи водовідведення ПП залежить від концентрації забруднень і кількості стічних вод від окремих технологічних операцій, потужності джерела водопостачання, його далекості від підприємства, вимог до якості очистки стічних вод для скидання у водойму та т.п.

Роздільна система водовідведення з повним оборотом усіх стічних вод називається безстічною системою водокористування або замкнутою системою водного господарства ПП. Створення таких систем водокористування дозволяє забезпечити раціональне використання води у всіх технологічних процесах, виключення забруднення навколишнього природного середовища, скорочення капітальних і експлуатаційних витрат.

Залежно від конкретних умов на підприємствах можливе створення декількох систем очистки з варіантами об'єднання різних видів стічних вод (у тому числі побутових і дощових). Можливе створення і декількох оборотних централізованих систем. У загальному виді замкнута система водокористування ПП включає:

- локальні оборотні (замкнені) системи;
- централізовані замкнені системи;
- охолоджувальні локальні (централізовані) оборотні або замкнені системи;
- системи послідовного використання води у двох або декількох технологічних операціях з передачею води з однієї системи в іншу.

На більшості сучасних великих ПП улаштовують 4 типи каналізації:

- 1) дощова - для відводу поверхневого стоку;
- 2) побутова - для відведення господарсько-побутового стоку;

- 3) для відведення умовно-чистих стічних вод, продувочних вод оборотних систем;
- 4) фенольна - для відведення сильно забруднених промислових стічних вод.

*Фенольна каналізація* призначена для відводу фенольних стоків після видалення з них основної маси забруднень (феноли, аміак) на спеціальних знефенолювальних установках шляхом десорбції водяною парою.

Стік побутової каналізації скидається в колектор міської господарсько-побутової каналізації для спільної очистки на міських очисних спорудах.

## **2.2. Умови випуску виробничих стічних вод у систему міської каналізації та водні об'єкти**

У системи каналізації населених пунктів можуть бути прийняті виробничі стічні води, які не викликають порушення в роботі каналізаційних мереж і споруд, забезпечують безпеку їх експлуатації і можуть бути очищені сумісно зі стічними водами населених пунктів до вимог і нормативів, що задовольняють «Правилам охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами».

Забороняється скидати у систему каналізації населених пунктів виробничі стічні води промислових підприємств, що містять:

- речовини, які здатні засмічувати труби, колодязі, ґрати або відкладатися на стінках труб, колодязів, ґрат (окалина, вапно, пісок, гіпс, металева стружка, та т.п.);
- речовини, що мають руйнівну дію на матеріали труб і елементи споруд каналізації;
- шкідливі речовини в концентраціях, що перешкоджають біологічному очищенню стічних вод;
- небезпечні бактеріальні забруднюючі речовини;
- нерозчинні мастила, смоли й мазут;
- завислі й спливаючі речовини в концентраціях, що перевищують 500 мг/л;

- речовини, для яких не встановлені гранично припустимі концентрації (ГПК) у воді водних об'єктів господарсько-питного, культурно-побутового й рибогосподарського водокористування.

Забороняється також скидати в системи каналізації населених пунктів кислоти, горючі суміші, токсичні й розчинені газоподібні речовини (зокрема, розчинники: бензин, диетиловий ефір, дихлорметан, бензол і ін.), здатні утворювати в каналізаційних мережах і спорудах токсичні гази (сірководень, сірковуглець, окис вуглецю, ціаністоводородна кислота, пари легколетучих ароматичних вуглеводнів та ін.), інші вибухонебезпечні й токсичні суміші.

Не допускається скидання в каналізаційну мережу населеного пункту: стічних вод, витрата і склад яких можуть привести до перевищення припустимого встановленими правилами кількості забруднюючих речовин, а також стічних вод, які мають температуру понад 40°C, рН нижче 6,5 або вище 9, ХПК вище БПК<sub>5</sub> більш ніж в 2,5 рази; концентровані кубові розчини; виробничі стічні води, не забруднені у виробничих процесах (умовно-чисті); залпові скидання виробничих стічних вод; ґрунт, будівельне та побутове сміття, а також інші виробничі і господарські відходи; поверхневий стік з території промислових площадок (дощові, талі, поливомийні та ін.) і дренажні води при повній роздільній системі каналізації.

У системах водовідведення населених пунктів не допускається об'єднання виробничих стічних вод, взаємодія яких може привести до утворення емульсій, отрутних або вибухонебезпечних газів, а також великої кількості нерозчинних речовин (наприклад, стічних вод, що містять солі кальцію або магнію і лужних розчинів; соду й кислі води; сульфід натрію і води з надмірним вмістом луг; хлору, фенолів та т.п.).

Скидання виробничих стічних вод у системи каналізації населених пунктів повинно здійснюватися самостійними випусками з обов'язковим устроєм контрольного колодязя, розташованого за межами підприємства. Випуски промислових підприємств повинні бути обладнані пристосуваннями (автоматичними пробовідбірниками, витратомірами і якщо буде потреба

автоматичними запірними пристроями, які опломбовуються) для постійного контролю за витратою і якістю стічних вод.

Відповідно до правил прийому Водоканали встановлюють кожному конкретному підприємству режим і нормативи скидання забруднень у систему каналізації населеного пункту. Ці нормативи встановлюють виходячи зі гранично припустимого скидання (ГПС) стічних вод у водойму, ГПК стічних вод, що надходять на споруди біологічної очистки, ефективності очистки, а також ГПК забруднюючих речовин у воді водоймищ господарсько-питного й рибогосподарського призначення (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Припустимі величини показників якості стічних вод і води  
водоймищ

Найменування показників	ГПК стічних вод, що надходять на споруди біологічної очистки, г/м <sup>3</sup>	Орієнтовна ефективність очистки на спорудах біологічної очистки, в %	ГПК у воді водойми	
			господарсько-питного водокористування, г/м <sup>3</sup>	рибогосподарського призначення г/м <sup>3</sup>
Азот амонійний	30	20-60	2,0	0,5
Залізо	2,5	50	0,3	0,05
Жири	50	70	-	-
Кадмій	0,01	60	0,001	0,005
Нафта	10	85	0,3	0,05
Нітрати (NO <sub>3</sub> )	45	-	45	40
Нітрити	3,3	-	3,3	0,08
Сульфіді	1,0	-	0	-
Фенол	10	95	0,001	0,001
Фосфати	10	10-20	3,5	-
Сульфати	500	-	500	100
Хлориди	350	-	350	300

Якщо кількість і состав виробничих і інших стічних вод істотно змінюються протягом доби, на промислових підприємствах встановлюють спеціальні ємкості - усереднювачі, які забезпечують протягом доби відносно рівномірний режим скидання виробничих стічних вод.



Промислові підприємства зобов'язані постійно контролювати кількість та склад виробничих стічних вод, що скидаються в систему каналізації населеного пункту. Контроль здійснюється шляхом аналізу складу стічних вод до і після комплексу локальних споруд з очищення виробничих стічних вод, у контрольних колодязях (у тому числі при відсутності локальних очисних споруд), а також виміру кількості стічних вод, що скидаються у контрольних колодязях.

### **Контрольні запитання**

1. Системи водовідведення промислових підприємств, їх переваги й недоліки.
2. Від яких факторів залежить вибір системи водовідведення та схеми очистки стічних вод промислових підприємств?
3. Які пред'являються умови до випуску виробничих стічних вод у систему міської каналізації та водні об'єкти?

## **3. ПОВЕРХНЕВО-ЗЛИВОВИЙ СТІК З ТЕРИТОРІЙ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

### **3.1. Особливості хімічного складу поверхнево-зливового стоку ПП**

Поверхневий стік утворюється від атмосферних осадів над площею території ПП. До складу забруднень поверхневого стоку ПП входять речовини, що визначаються технологічними процесами і, відповідно викидами в атмосферу.

Основними джерелами забруднення поверхневих стічних вод є продукти ерозії ґрунту, пил, продукти відкритих складських площадок, викиди в атмосферу від ПП і забруднення їх території, різні нафтопродукти, що потрапляють на територію в результаті їхньої протоки або несправності автотранспорту та т.п.

Дощові води при випаданні насичуються розчиненими газами, атмосферним пилом, аерозолями, а при стіканні змивають із поверхні дахів,

територій і проїздів пил, сміття, бензин, масла й інші забруднення, що перебувають на території ПП.

Концентрації забруднень, що втримуються у поверхневому стоці з територій ПП за величиною порівнянні з вмістом забруднень у виробничих стічних водах. Особливо високі концентрації забруднюючих речовин у поверхневому стоці характерні для автотранспортних, хімічних, машинобудівних і нафтопереробних підприємств. Ступінь забруднення поверхневого стоку багато в чому залежить від культури виробництва.

Дощові води, що містять переважно мінеральні забруднення, менш небезпечні в санітарному відношенні, ніж побутові і забруднені виробничі стічні води, і тому їх скидають у водойми без очистки. В атмосферні води, що стікають із забруднених територій ПП, іноді надходять домішки, специфічні для даного виробництва, наприклад, хімічних і нафтопереробних заводів, шкіряних підприємств, м'ясокомбінатів тощо. Такі води слід піддавати очищенню. Особливо небезпечне надходження у водойми поталих і дощових вод, які містять різні токсичні речовини (метали, нафтопродукти й інші важко окислювальні органічні речовини).

Якість води дощового стоку визначається багатьма факторами, що діють при формуванні стоку на водозборі. Вплив цих факторів відчутно позначається на наявності у поверхневому стоці забруднюючих речовин у тій або іншій кількості.

Поверхневий стік із площадок ПП має, як правило, більш складний склад на відміну від стоку, що стікає з міських територій.

Донедавна вважали, що дощові й поталі води, які стікають із територій міст і площадок промислових підприємств, не представляють серйозної небезпеки для води водоймищ. У цей час встановлено, що поверхнево-зливові стічні води значно забруднені й не можуть скидатися у водойми без обмежень. З огляду на те, що ці стічні води вносять істотний вклад у забруднення водоймищ, питанням очистки і використання поверхнево-зливового стоку з території міст і промислових підприємств приділяється все більша увага.

Перед випуском у водний об'єкт поверхневий стік повинен у всіх випадках піддаватися очищенню від плаваючих домішок, у тому числі нафтопродуктів і піску. Відведення поверхневого стоку повинне здійснюватися відповідно до нормативів і вимог «Правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами» з урахуванням особливостей його хімічного складу та умов формування. У випадку наявності в поверхневому стоці специфічних домішок до випуску його у водний об'єкт пред'являються ті ж вимоги, як і до випуску виробничих стічних вод.

### **3.2. Засоби каналізування та очистка поверхневого стоку**

Спосіб і метод очистки поверхневого стоку й типи споруд, які застосовують для очистки, залежать від схеми каналізації, а також від складу і кількості стоку. Для відведення поверхневих стічних вод можуть застосовуватися різні схеми каналізації, залежно від яких у вітчизняній практиці і за рубежом ведуться розробки технологічних схем очистки і конструкцій очисних споруд. Виходячи з характеристики поверхневого стоку, для його очистки рекомендується передбачати споруди механічної і фізико-хімічної очистки. Для забезпечення більш глибокого ступеня очистки, ніж який досягається у відстійних спорудах, застосовуються фільтрування, коагуляція і флотація. При необхідності досягнення більш глибокої очистки від колоїдних розчинених речовин поверхневий стік доцільно подавати на споруди для спільної біологічної очистки з міськими або виробничими стічними водами.

Очистка поверхнево-злизових стоків ускладнюється значними відмінностями номенклатури забруднюючих речовин і коливаннями показників забруднення для різних підприємств і навіть для різних виробництв усередині одного підприємства. Крім того, багато підприємств м. Харкова і у переважній більшості інших міст України не мають системи організованого збору поверхнево-злизового стоку зі своєї території, а в ряді випадків площа водозбору поверхнево-злизового стоку є загальною для декількох підприємств.

Залежно від складу домішок, що осідають на території промислових підприємств (ПП) і попадають у стік, ПП розділяються на дві основні групи:

1. ПП, стік яких не містить специфічних речовин з токсичними властивостями. До цієї групи можна віднести підприємства чорної металургії (окрім коксохімічного виробництва), машинобудівні, приладобудівні, вугільні, нафтовидобувні, енергетичні й транспортні підприємства, легка і харчова промисловості.

Середня концентрація забруднень дощових стоків цієї групи ПП становить: завислі речовини 500-2000 мг/л; смоли і масла 30-70 мг/л; ХПК 100-150 мг/л; БПК 30-50 мг/л; загальний солевміст 500-3000 мг/л.

2. ПП, стік яких містить специфічні токсичні речовини. До цієї групи можна віднести підприємства кольорової металургії, коксохімічну промисловість, лісотехнічну промисловість, целюлозно-паперові, нафтопереробні, фармацевтичні, шкіряні заводи, м'ясокомбінати. У стоках цих підприємств крім забруднень, характерних для першої групи присутні специфічні забруднення даних ПП.

В Україні та країнах СНД найбільше поширення одержала повна роздільна система каналізації, при якій для відведення дощових і талих вод влаштовується самостійна система каналізації.

Однак на ПП бувають випадки, коли у дощову мережу скидають значну кількість виробничих стічних вод, у зв'язку з чим дощова мережа перетворюється у виробнично-зливову. Існують також загальносплавна та неповна роздільна систем каналізації.

### **Контрольні запитання**

1. Які специфічні особливості характерні для поверхнево-зливового стоку?
2. Основні забруднення поверхнево-зливового стоку, що стікає з територій ПП. Від чого залежить забрудненість поверхневого стоку ?
3. Від чого залежить спосіб і метод очистки поверхневого стоку ?
4. Які методи застосовують для очистки поверхневого стоку ?

## **Розділ II. МЕТОДИ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД**

Для очистки стічних вод промислових підприємств застосовуються головним чином:

- механічні методи (проціджування, відстоювання у відстійниках, піскоуловлювачах, нафтовловлювачах; у гідроциклонах, осаджувальних центрифугах і фільтрування - пропуск води через шар зернистого матеріалу, або фільтруючу перегородку під дією гравітації, вібрації, відцентрової сили, перепаду тисків);
- хімічні методи (нейтралізація, коагуляція, флокуляція);
- фізико – хімічні методи (флотація, сорбція, екстракція, евапорація) ;
- електрохімічні методи, що пов'язані з накладанням електричного поля - електрокоагуляція, електрофлотація;
- комбіновані методи.

Основним фактором при виборі методу обробки води є фазовий стан речовини.

Вибір методу очистки води, типи і розміри очисних споруд залежать від складу, властивостей і витрати промстоків, площі території підприємства та інших факторів, а також вимог до якості очищеної води.

### **4. МЕХАНІЧНА ОЧИСТКА ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД**

Одним з основних видів забруднень виробничих стічних вод є нерозчинні (легкі й важкі) мінеральні і органічні домішки, концентрація яких коливається в широких межах. Усереднення концентрації й регулювання витрати стічних вод, а також виділення нерозчинних домішок з води в очисних спорудах становлять завдання механічного очищення. Механічна очистка служить для видалення нерозчинених речовин розміром більше  $10^{-4}$  см. Забезпечується це за рахунок проціджування на ґратах, дугових ситах, грохотах; відстоювання (гравітаційного або відцентрового), фільтрування через спеціальні сітки або піщано-гравійні фільтри (для відділення дрібних частинок

що перебувають у воді в зваженому стані, тобто суспензій) та центрифугування.

Залежно від вимог до якості очищеної води застосовують різні очисні споруди:

- грати та сітки, призначені для затримки крупних домішок, що рухаються по каналу (проціджування);
- піскоуловлювачі - для виділення важких мінеральних домішок, головним чином, піску;
- відстійники та фільтри - для затримки більш дрібних у воді домішок;
- гідроциклони та осаджувальні центрифуги.

Як правило, механічна очистка є попереднім, рідше – остаточним етапом очистки виробничих стічних вод. При механічному очищенні забезпечується видалення завислих речовин зі стічних вод на 90-95 % , зниження органічних забруднень (по БПК<sub>повн</sub>) на 20-25 %. Більш високий ефект механічної очистки стічних вод досягається інтенсифікацією гравітаційного відставання, наприклад, добавкою реагентів, проясненням у зваженому шарі або в тонкому шарі (тонкошарові відстійники).

Для затримки різних речовин, що плавають на поверхні стічних вод (масел, жирів, нафти, смол і т.п.), служать різні споруди: мастило-, жиро-, нафто-, смолоуловлювачі.

Процес більш повного прояснення стічних вод здійснюється фільтруванням - пропуском води через шар різного зернистого матеріалу (кварцового піску, гранітних щебенів, дробленого антрациту і керамзиту та інших матеріалів) або через сітчасті барабанні фільтри і мікрофільтри, через високопродуктивні напірні фільтри та фільтри із плаваючим завантаженням – пінополіуретановим або пінополістірольним.

На різних ПП механічна очистка є єдиним і достатнім способом очистки стічних вод від механічних домішок і для підготовки їх до повторного використання в системах оборотного водопостачання, наприклад, залізорудні й вуглезбагачувальні фабрики. На деяких ПП, наприклад, на металургійних

заводах, передбачається охолодження механічно очищеної стічної води на градирнях.

#### **4.1. Усереднення та проціджування промислових стічних вод**

Для стоків багатьох підприємств характерні нестабільність їх витрат і складу, що пов'язано з особливостями технологічних процесів. Витрата і забруднення стоків в обмежений період часу можуть змінюватися від мінімуму до максимуму.

Нерівномірність витрат та забруднень стічних вод від ПП у результаті періодичних і аварійних випусків створює великі ускладнення в налагодженні й підтримці оптимального режиму роботи очисних споруд, знижує якість очистки.

Розрізняють 3 види нестационарності потоку:

- залпові скидання висококонцентрованих стічних вод;
- циклічні коливання;
- вільний (випадковий) характер коливань.

*Усереднювачі* призначені для регулювання кількості стічної води, що надходить на очисні споруди. Надходження на очисні споруди виробничих стічних вод з постійною витратою і усередненою концентрацією забруднень підвищує ефект як механічної очистки, так і наступних етапів очистки.

У резервуарах - усереднювачах накопичуються і перемішуються стічні води, завдяки чому вирівнюються концентрації забруднень; взаємно нейтралізуються кислі й лужні стоки і виключаються різкі коливання навантаження на всю цепочку очисних споруд.

##### *Типи і конструкції усереднювачів*

Усереднювачі в основному проектують у складі локальних станцій очистки промислових стічних вод.

Розрізняють наступні типи проточних усереднювачів:

- багатоканальні - прямокутні і круглі в плані, з нерівномірним розподілом витрати води по каналах;

- усереднювачі - змішувачі (усереднювачі з перемішувачими пристроями) барботажного типу і з механічним перемішуванням.

Вибір раціональної системи усереднення і розрахунок об'єму усереднювача роблять на основі інформації про характер коливань параметрів вхідних потоків (концентрацій  $C_{en}$ ,  $i(t)$  і витрат  $q_{en}$ ,  $(t)$ ) з урахуванням вимог за припустимими коливаннями параметрів потоку на виході ( $C_{ex}(t)$ ,  $q_{ex}(t)$ ). Зазначені вимоги звичайно встановлюються на основі аналізу максимально припустимих величин  $C_{adm}$  і  $q_{adm}$  призначуваних залежно від типу наступних апаратів очисних споруд.

При наявності на підприємстві контрольно-вимірювальної апаратури зміни складу стічних вод реєструються безперервно, при відсутності контрольно-вимірювальної апаратури - дискретно, з установленою технологом тривалістю інтервалів між лабораторними аналізами.

Для усереднення стічних вод за концентрацією забруднень в усереднювачах будь-якої конструкції вода повинна перемішуватися за допомогою мішалок, насосів та ін. Найбільш зручними в експлуатації є перфоровані трубчасті барботери.

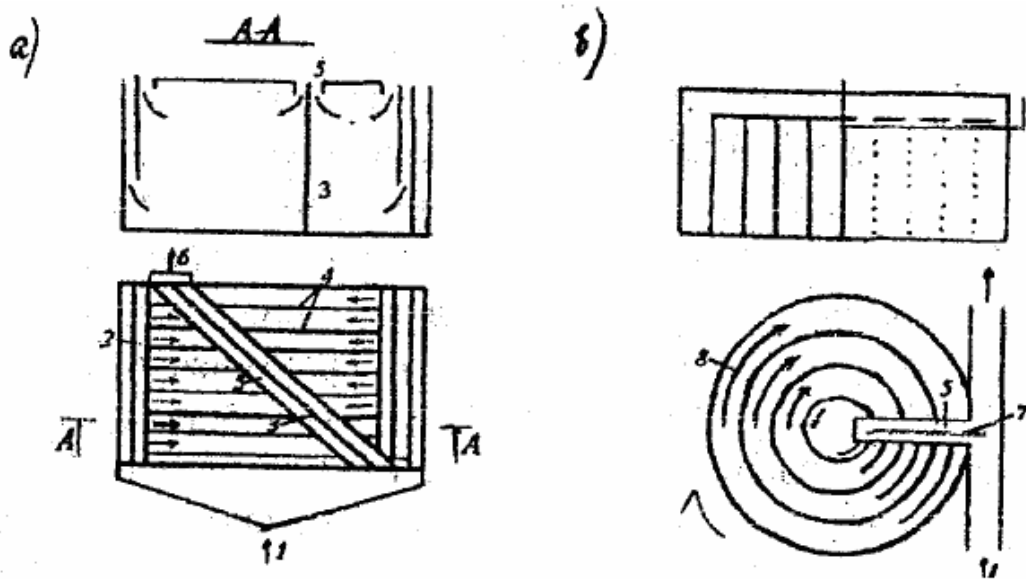
Усереднювач - змішувач барботажного типу застосовують для усереднення стоків з вмістом завислих речовин більше 500 мг/л, гідравлічною крупністю до 10 мм/с.

Усереднювач- змішувач із механічним перемішуванням і відстійною зоною застосовують для усереднення стоків з вмістом завислих речовин більше 500 мг/л і будь-якою гідравлічною крупністю з вільним режимом надходження стоків.

Для того, щоб упоратися із залповими скиданнями висококонцентрованих стоків і вільним коливанням складу при наявності завислих дрібно диспергованих речовин з концентрацією до 500 мг/л, гідравлічною крупністю до 5 мм/с застосовують багатоканальні усереднювачі без примусового перемішування. При необхідності усереднення витрат споруди блокують з акумулюючою ємкістю.



Усереднювачі бувають контактними і проточними. Перші застосовують при невеликих витратах, періодичному скиданні й необхідності повного усереднення концентрації забруднень стічних вод. У більшості ж випадків застосовують проточні усереднювачі, які виконують у вигляді резервуарів з перемішуючими пристроями або у вигляді багатоканальних резервуарів, рис.4.1.



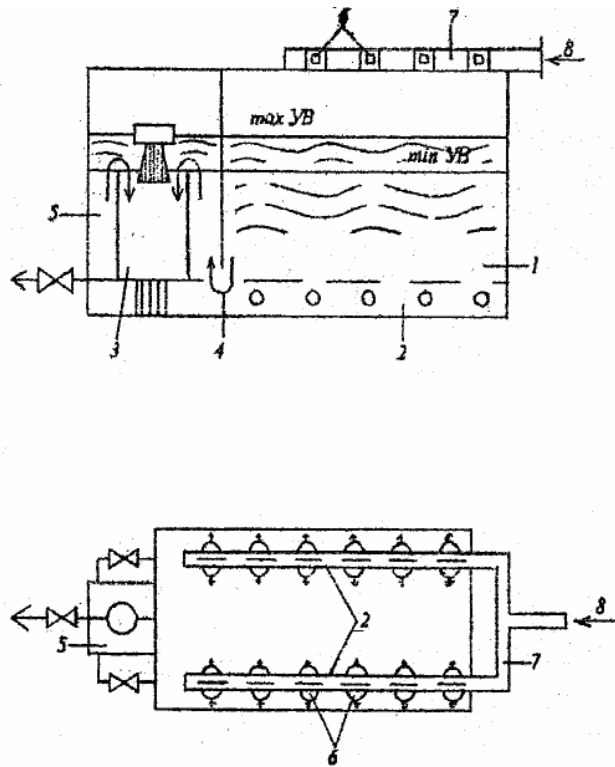
**Рис. 4.1 - Багатоканальні усереднювачі:**

*а) Прямокутний проточний:* 1 – лоток подачі води; 2 - розподільний лоток; 3 – глуха діагональна перегородка; 4 - поздовжні вертикальні перегородки; 5 - збірні лотки; 6 - водовідвідні канали.; *б) Круглий:* 7 - глуха радіальна перегородка; 8 - напрямок руху води

У якості усереднювачів можуть бути використані типові ємкісні споруди (нафтоуловлювачі, відстійники, а також прийомні резервуари насосних станцій), що мають систему примусового перемішування.

Із багатоканальних усереднювачів найбільшою ефективністю відрізняються прямокутні й круглі. Усереднення в них забезпечується за рахунок механічного перемішування струменями стічної води, рис.3.2. Кількість каналів у кожній половині усереднювача повинна бути не менше 5-6.

Конструктивний тип усереднювачів вибирають залежно від характеру коливань забруднюючих компонентів, виду й кількості завислих речовин, а також динаміки надходження стічних вод (табл. 4.1 ).



**Рис. 4.2 - Усереднювач із перемішуючим пристроєм:**

*1 – резервуар- усереднювач; 2 - барботер; 3 - випускний пристрій; 4 - випускний отвір; 5 - випускна камера; 6 - отвори; 7 ~ лотки, що подають; 8 - вихідна вода.*

**Таблиця 4.1 - Область застосування усереднювачів різних типів**

Тип усереднювача	Характер нестационарності	Завислі речовини	
		концентрація, мг/л	гідравлічна крупність, мм/с
багатоканальний	Залповий	$\leq 500$	$\leq 5$
барботажний	Будь-який	$\leq 500$	$\leq 10$
з механічним перемішуванням	Будь-який	$> 500$	-

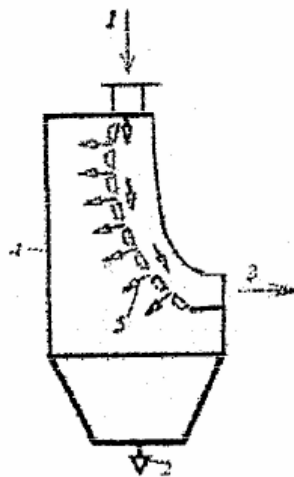
### Проціджування

У виробничих стічних водах різних підприємств можуть бути власні специфічні забруднюючі речовини (пух, пір'я, щетина тварин, дерев'яна тріска, волокна, шматки пластмаси), очистка від яких здійснюється за допомогою

проціджування. У багатьох з перерахованих випадках звичайні ґрати малоефективні або взагалі не придатні для очистки стоків від таких забруднювачів. Зараз розроблені або застосовані на підставі достічні водиїду використання в інших галузях промисловості нові установки. З гірської промисловості взяті дугові сита і барабанні грохоти, які успішно вирішують завдання по добуванню зі стічних вод різних забруднювачів.

Розміри отворів проціджувачів змінюються в широких межах: від 20 мм (ґрати на насосних станціях), 16 мм (ґрати на станціях очистки стічних вод), 2-5 мм (дискові сита) до 0, 25-1 мм (дугові сита, грохоти, барабанні сітки) і 20-60 мкм (мікрофільтри).

Продуктивність проціджувачів вимірюють пропускнуою здатністю одиниці робочої поверхні за годину, що становить для: мікрофільтрів 5-15, барабанних сіток 40-50, дугових сит 40-60  $\text{м}^3/(\text{м}^2\text{ч})$ .



**Рис. 4.3 – Дугове сито:**

1 - вихідні стічні води; 2 - стічна рідина; 3 - забруднення (пух, пір'я тощо) в контейнері; 4 - корпус дугового сита; 5 - отвір

Ефективність роботи проціджувачів і їх продуктивність залежать від величини отворів і характеру твердої фази стічних вод.

Розміри отворів на дугових ситах становлять від 0,25 до 1,5 мм, продуктивність від 25 до 100  $\text{м}^3/\text{год}$ . Сита прості у виготовленні.

Тверді забруднення затримуються на ситах барабанних грохотів, а потім за допомогою згрібалки, що обертається усередині грохота подаються на шнековий транспортер.

#### **4.2. Гравітаційне відстоювання. Основні типи відстійників**

Метод відстоювання використовують для виділення з виробничих стічних вод нерозчинених різноманітних твердих і рідких домішок, які здатні в спокійній воді осідати на дно або спливати на поверхню. Час очистки залежить від швидкості осідання (спливання) нерозчинених домішок у спокійній воді. Така швидкість (гідравлічна крупність часток) є основною величиною для розрахунку відстійних споруд.

Відстійники для очистки виробничих стічних вод можуть являти собою як самостійні споруди, на яких процес очистки закінчується, так і споруди, призначені тільки для попередньої очистки. Так, на заводах чорної металургії стічні води, одержувані в результаті очистки газу, а також від прокатних станів і від грануляції шлаків, цілком достатньо очищати тільки у відстійниках, потім їх можна використовувати знову.

Для очистки стічних вод ПП використовують як звичайні конструкції відстійних споруд, що застосовуються при очищенні міських стічних вод (піскоуловлювачі, відстійники), так і спеціальні. Залежно від вимог до якості проясненої виробничої стічної води застосовують горизонтальні і радіальні відстійники різних конструкцій, які можуть бути обладнані камерами флокуляції.

##### *Горизонтальні відстійники*

Горизонтальні відстійники являють собою прямокутні проточні ємкості, в яких відбувається осадження забруднень під дією сил ваги. Рух води здійснюється у відстійнику вздовж довгої сторони від однієї торцевої стінки до другої. Підведення та відведення води здійснюється по лотках. Тривалість відстоювання залежить від дисперсності часток, їх форми, тобто величини гідравлічної крупності (швидкість осадження часток у нерухливій воді, мм/с).

Горизонтальні відстійники є найпоширенішими спорудами для очистки як природних, так і стічних вод, незважаючи на наявність істотних недоліків. Найбільш часто вони застосовуються для очистки стічних вод підприємств чорної металургії, зокрема, станів гарячої прокатки металу. При цьому є істотні розходження при застосуванні таких відстійників для очистки питної води і для очистки стічних вод ПП. Ці розходження у першу чергу стосуються питань, пов'язаних з видаленням осаду (шламу). При очищенні природної води осад найчастіше видаляється за допомогою донних клапанів. При очищенні промислових стічних вод, завислі речовини яких відрізняються високою щільністю, осад (шлам) віддаляється за допомогою спеціальних механізмів, наприклад, за допомогою грейферного крана. При цьому осад видаляється з відстійників періодично.

При роботі горизонтальних відстійників найбільш великі завислі частки випадають на початку відстійника в бункер для осаду (шламу). Більш дрібні частки випадають далі по довжині відстійника за ходом руху води.

Робота відстійника з точки зору ефективності очистки залежить від своєчасного видалення осаду.

Об'єм горизонтального відстійника використовується не повністю. Ступінь використання об'єму виражається коефіцієнтом  $\alpha$ , який для горизонтальних відстійників звичайних конструкцій не перевищує 0,4-0,5.

Глибина горизонтальних відстійників може досягати 3-4 м. Найпоширеніші типові розміри горизонтальних відстійників, які застосовують на підприємствах чорної і кольорової металургії й ряді інших галузей промисловості, наступні:  $17 \times 6$  м,  $H = 3$  м, площа кожної секції таких відстійників  $100 \text{ м}^2$ . Питоме гідравлічне навантаження на відстійник не високе ( $1-1,5 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{ч}$ ). При цьому продуктивність 1 секції відстійника  $100-150 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Концентрація завислих речовин в очищеній (проясненій) воді після горизонтальних відстійників коливається в межах  $100-150 \text{ мг/л}$ .

Значного покращення ефективності горизонтальних відстійників можна досягти переобладнанням їх у тонкошарові відстійники. Принцип дії їх полягає

в тому, що потік води, яка освітлюється проходить через пакет похилих пластин. У пакеті пластин між ними утворюється система тонкошарових каналів, в яких за рахунок малих відстаней різко скорочується час осідання або спливання механічних часток. Кут нахилу пластин до горизонтальної площини приймається коло  $60^\circ$ . Пластини можуть бути як плоскими, так і хвилястими. Також застосовують і трубчасті елементи. Пакетами похилих пластин можуть бути обладнані і діючі відстійники, що дозволяє або підвищити в 2-2,5 рази гідравлічне навантаження на них, або значно знизити залишковий вміст завислих речовин у проясненій воді.

Для розрахунку горизонтальних відстійників необхідні наступні дані:

- кількість стічних вод,  $\text{м}^3/\text{год}$ , за максимальним припливом;
- концентрація завислих речовин, важких механічних домішок, легких механічних домішок (масла й нафтопродукти),  $\text{мг/л}$ ;
- припустимий вміст завислих речовин у проясненій воді,  $\text{мг/л}$ ;
- гідравлічна крупність часток  $U_0$ , які необхідно видалити для забезпечення необхідного ступеня очистки  $E, \%$ .

Розрахункова величина гідравлічної крупності визначається за кривими кінетики осадження завислих речовин  $E = f(t)$ , що отримані експериментально відстоюванням стічної води в статичних умовах у шарі висотою  $h$ , як правило, відмінному від дійсної висоти відстоювання в обраному типі відстійника. Для приведення отриманих результатів до натурної величини (висоти шару проточної частини відстійника) слід робити перерахування  $U_0$  за формулою

$$U_0 = \frac{1000 \cdot H_{set} \cdot K_{set}}{t_{set} \cdot \left( \frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}}, \quad (4.2.1)$$

де:  $H_{set}$  - глибина проточної частини відстійника, м;

$K_{set}$  - коефіцієнт використання об'єму проточної частини відстійника;

$t_{set}$  - тривалість відстоювання, що відповідає заданому ефекту очистки, отримана у лабораторних умовах у циліндрі в шарі  $h$ ;

$n_2$  - показник степені, який залежить від агломерації зависі у процесі осадження.

За цією формулою можна також визначити гідравлічну крупність спливаючих домішок забруднюючих речовин, що легше води.

Величина  $K_{set}$  для горизонтальних відстійників дорівнює 0,5, для радіальних та вертикальних відповідно - 0,45 та 0,35. Для відстійників з тонкошаровими блоками, які працюють за протivotочною та перехресною схемами  $K_{set}$  відповідно дорівнює 0,5-0,7 та 0,8. Глибина проточної частини горизонтальних відстійників  $H_{set}=1,5-4$  м.

### *Вертикальні відстійники*

Вертикальний відстійник являє собою циліндричний або квадратний в плані резервуар з конічним днищем діаметром до 10 м.

На відміну від горизонтальних і радіальних відстійників в вертикальних відстійниках вода, що очищується, рухається у вертикальному напрямку - знизу вгору. Завислі речовини осідають у потоці води, що піднімається. При цьому тверді частки (завислі речовини) затримуються тільки в тому випадку, якщо їх гідравлічна крупність  $U_0$  буде більше або дорівнює середньої швидкості руху води у споруді:  $U_0 \geq V_{cp}$

Розрахункова швидкість потоку не повинна перевищувати 0,5-0,6 мм/с. Висота зони осадження складає звичайно 4-5 м.

Збір проясненої води здійснюється за допомогою периферійних або радіальних жолобів через водозлив.

Ефективність освітлення води у вертикальних відстійниках звичайно на 10-20% нижче, ніж у горизонтальних або радіальних.

Недоліки:

1. ефективність очистки перебуває в прямій залежності від рівномірності подачі води, що очищується, тобто від сталості витрати (швидкості руху води). Коливання витрат приводять до різкого погіршення ефективності

очистки. Таким чином, вертикальні відстійники досить чутливі до коливань витрати.

2. низький коефіцієнт використання об'єму проточної частини,  $\alpha \leq 0,5$ .

Вертикальні відстійники знайшли досить широке застосування при очищенні порівняно невеликих витрат стічних вод, зокрема, нейтралізованих стічних вод травильних і гальванічних відділень на металургійних і машинобудівних заводах. При цьому вертикальні швидкості руху води перебувають на рівні 0, 1-0,3 мм/с.

#### *Радіальні відстійники*

Радіальний відстійник – звичайно круглий в плані резервуар, вода в якому в процесі очистки рухається за радіусом від центра до периферії. В міру віддалення води від центру швидкість зменшується. Це сприяє випадінню завислих речовин на дно відстійника та спливанню речовин, щільність яких менше 1. Стічна вода через центральний розподільчий пристрій надходить у відстійник, а освітлена вода збирається в круговий периферійний жолоб.

Глибина відстійника влаштовується з ухилом 0,04 від стінки до центральної частини. Осад, що випадає на дно відстійника згрібається за допомогою скребкової ферми у центральний приямок. Глибина проточної частини складає 1,5-5 м. Тривалість перебування стічної води у відстійнику 1,5-2 год.

Розміри відстійників слід визначати за формулами

- для горизонтальних відстійників

$$L = \frac{v \cdot H}{k \cdot U_0}; \quad (4.2.2)$$

- для радіальних відстійників

$$R = \sqrt{\frac{Q}{3.6\pi \cdot k \cdot U_0}}, \quad (4.2.3)$$

де:  $L$  – довжина горизонтального відстійника, м;

$R$  – радіус радіального відстійника, м;



$V$  – середня розрахункова швидкість руху води в проточній частині відстійника, мм/с (приймається 5–10 мм/с для радіальних і горизонтальних відстійників);

$H$  – глибина проточної частини (для горизонтальних відстійників  $H = 1,5–3$  м, для радіальних  $H = 1,5–5$  м);

$k$  – об’ємний коефіцієнт (для горизонтальних відстійників  $k = 0,5$ ; для радіальних  $k = 0,45$ );

$Q$  – розрахункова витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/год;

$U_0$  – гідравлічна крупність часток зависі, мм/с.

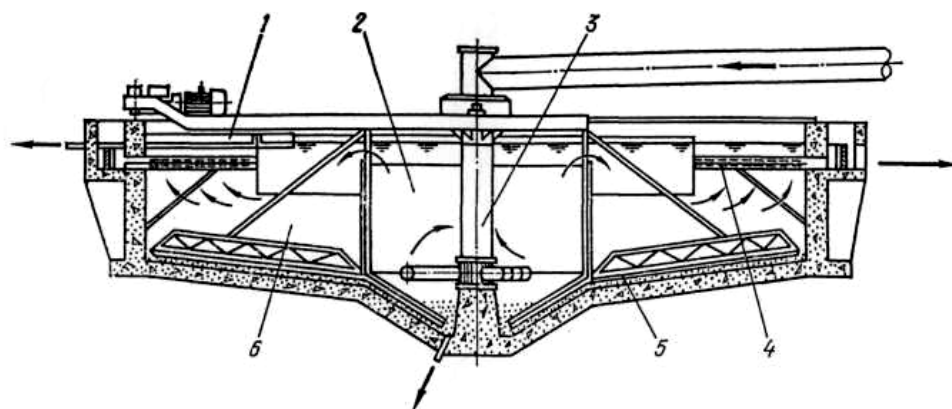
Для визначення величини гідравлічної крупності забруднень при визначенні розмірів відстійників дуже часто застосовується технологічне модулювання процесу очистки стічних вод від механічних домішок. У результаті проведення експериментів з технологічного моделювання процесу відстоювання будується крива кінетики процесу відстоювання стічних вод.

При дослідженні кінетики осадження дуже важливо вивчити флокуляційні властивості зависі, тобто схильність до укрупнення при повільному перемішуванні води без додавання коагулянтів. Помітними природними флокуляційними властивостями володіють не всі види завислих речовин. Флокулюємість залежить від хімічного складу завислих речовин, вихідної концентрації твердої фази у стічних водах тощо. Флокуляційні властивості завислих речовин краще всього проявляються у повільно висхідному потоці води.

Рахування флокуляційних властивостей завислих речовин дозволяє значно збільшити продуктивність споруд та апаратів, що призначені для прояснення води. Так, у інституті ВНДІчерметенергоочистка розроблено декілька конструкцій апаратів і споруд, в яких найкращим чином реалізовані флокуляційні властивості завислих речовин.

Горизонтальні та радіальні відстійники традиційних конструкцій, що застосовуються для очистки стічних вод від механічних домішок мають ряд недоліків: низька продуктивність (питоме гідравлічне навантаження знаходиться у межах  $1-2 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{ч}$ ), непристосованість до роботи з коагуляцією та флокуляцією, недосконалість конструкцій (коефіцієнт використання об'єму не перевищує 0,5), періодичне видалення осаду тощо. У горизонтальних відстійниках неможливо організувати безперервне видалення осаду, який випадає, що призводить до порушення їх роботи і викликає труднощі при подальшому збезводненні, утилізації або складуванні шламів. Крім цього, їм притаманні недосконалість пристроїв впуску, розподілу та збирання води. Конструктивні удосконалення передбачають покращення гідравлічних режимів роботи відстійників за допомогою систем розосередженого збору освітленої води, а також створення сприятливих умов для укрупнення часток механічних домішок шляхом влаштування камери флокуляції.

Для очистки значних витрат стічних вод можливо також застосування відстійників з камерою пластівцеутворення гідроциклонного типу (рис. 4.4).



**Рис. 4.4 - Відстійник з камерою пластівцеутворення гідроциклонного типу:**

1 – маслозбірний пристрій; 2 – камера пластівцеутворення; 3 – розподільчий пристрій; 4 – водозбірна система; 5 – скребкова ферма; 6 – зона осадження

Діаметр відстійника – 30 м. Камера пластівцеутворення має циліндричну форму діаметром 10 м. Цей відстійник можна застосовувати також для очистки стічних вод, які містять, окрім завислих речовин, масло (наприклад, для очистки стічних вод цехів гарячої прокатки сталі, що містять окалину та масло), а також для освітлення стічних вод від газоочисток доменних і конверторних цехів металургійних комбінатів.

Радіальні відстійники діаметром 30 м із вбудованими камерами пластівцеутворення побудовані і експлуатуються в системах оборотного водопостачання станів гарячого прокату «2000» Череповецького металургійного заводу та багатьох інших.

Ефективність роботи відстійника з камерою пластівцеутворення ( $2,5 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{ч}$ ) значно перевищує показники горизонтальних та звичайних радіальних відстійників ( $1,2 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{ч}$ ).

#### **4.3. Технологічне моделювання процесу очистки стічних вод від механічних домішок**

Технологічне моделювання процесу осадження полягає у визначенні в лабораторних умовах розрахункових параметрів відстійників - швидкості осадження суспензії і тривалості перебування води у відстійнику, що забезпечує заданий ефект її прояснення. Методика моделювання заснована на подібності кривих випадіння суспензії, одержуваних при різних висотах стовпа досліджуваної води. Після одержання в лабораторії кривої випадання суспензії в процесі дослідження вихідної води при висоті стовпа води  $h$ , визначають необхідний ефект осадження:

$$E = \frac{C_o - C}{C_o},$$

де:  $C_o$  – концентрація суспензії у вихідній воді;

$C$  - концентрація суспензії в проясненій воді.

За величиною ефекту Е за допомогою кривої випадіння суспензії визначають тривалість осадження, а потім розрахункову тривалість перебування води у відстійнику  $t_p$  і співвідношення:  $\frac{t_p}{t_1} = \frac{h_p}{h_1}$

Технологічне моделювання необхідне для визначення величини гідравлічної крупності забруднень, що втримуються в стічних водах.

Поняття «охоплююча гідравлічна крупність» ( $U_0$ ) – це така величина гідравлічної крупності, що відповідає затримці механічних домішок до їх припустимої концентрації в очищеній воді.

#### **4.4. Очистка стічних вод від дрібнодисперсних і колоїдних домішок за допомогою коагуляції та флокуляції**

Стічні води багатьох хімічних виробництв являють собою низько концентровані емульсії або суспензії, що містять дрібнодисперсні частки розміром 0,1 - 10 мкм і більше, а також колоїдні частки розміром 0,001 - 0,1 мкм. Застосовані методи механічної очистки стічних вод дозволяють видаляти частки крупніше 10 - 50 мкм. Для очистки стічних вод від дрібнодисперсних і колоїдних часток використовують методи коагуляції і флокуляції, які обумовлюють злипання часток з утворенням великих агрегатів, що легко видаляються з води механічними методами.

Для інтенсифікації процесу осадження високодисперсних завислих і колоїдних часток застосовують різні коагулянти і флокулянти (солі алюмінію, заліза), а також флокулянти - поліакриламід і ін.).

У процесі простого відстоювання відділення механічних домішок відбувається під дією сил ваги. При цьому частки осаджуються або спливають. У процесі осадження або спливання частки взаємодіють одна з одною, у результаті чого в одних випадках частки злипаються, а в інших осаджуються самостійно. Можливість і інтенсивність укрупнення залежить від багатьох

факторів: від природи і хімічного складу забруднень стічних вод, від температури і т.п.

Таким чином, можливе укрупнення часток без впливу реагентів. Укрупнення часток називається процесом коагуляції. Найчастіше цей метод застосовується до процесу укрупнення часток під дією хімічних речовин: електролітів (коагулянтів). До таких речовин ставляться:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  та ін.

Для інтенсифікації процесів укрупнення механічних домішок застосовуються речовини - поліелектроліти. Це високомолекулярні органічні речовини: поліакриламід і його похідні. Укрупнення часток під дією флокулянтів називається флокуляцією. Таким чином, поняття коагуляція та флокуляція багато в чому і відрізняються застосуванням тих або інших хімічних речовин.

Завислі речовини, що втримуються в природних і стічних водах, мають певний електричний заряд. У більшості випадків частки завислих речовин несуть негативний електричний заряд.

Сутність коагуляції і флокуляції полягає в зміні електрокінетичного потенціалу, а іноді й у зміні знака потенціалу з негативного на позитивний. Зниження величини електричного потенціалу сприяє коагуляції. Застосування флокуляції це використання поліелектролітів (ПАА), які характеризуються високою молекулярною вагою і структурою молекули, що володіє високими поверхнево-активними властивостями. Механізм дії флокулянтів полягає у тому, що молекули цих флокулянтів мають у стічній воді структурні активні ділянки (сегменти), якими ця молекула і прикріплюється до завислих часток.

Існує три види ортокінетичної коагуляції:

1. Пірокінетична - має місце у воді й стосується тільки дрібнодисперсних речовин крупністю до 1-2 мкн, вона має відношення до часток колоїдного характеру. Для води, у якій присутні частки менше 1-2 мкн, є характерним броунівський рух часток і молекул під дією температури. При броунівському русі можлива коагуляція дрібнодисперсних речовин.

2. Гравітаційна - це укрупнення часток за рахунок різних швидкостей осадження під дією сил ваги. Пірокінетична коагуляція на часточки більше 1-2 мкм не впливає. Гравітаційна коагуляція має місце у всіх типах споруд і апаратах для очистки стічних вод методом відстоювання.

3. Градієнтна - це коагуляція за рахунок різниці швидкостей води. Укрупнення часток відбувається при наступних умовах:

- наявність відповідних природних поверхневих властивостей (флокуляційних властивостей);
- використання добавок коагулянтів і флокулянтів;
- створення сприятливих гідродинамічних умов для укрупнення (коагуляції, флокуляції) завислих часток.

Найбільш сприятливі умови для укрупнення часток створюються при використанні повільного обертального (флокуляційного) перемішування стічних вод. При цьому максимально використовується як градієнтна, так і гравітаційна коагуляція.

Величина гідравлічної крупності при застосуванні коагуляції і флокуляції збільшується іноді незначно, а в ряді випадків у кілька разів. При цьому, використовуючи природні флокуляційні властивості, збільшення гідравлічної крупності може бути досягнуто в 1,5 - 2 рази. При застосуванні коагулянтів і флокулянтів гідравлічна крупність може збільшитися в 5-6 разів і більше.

Для прискорення процесу пластівцеутворення, збільшення швидкості осадження пластівців, підвищення якості очищеної води, а в ряді випадків і для коагуляції колоїдних домішок використовують деякі високомолекулярні речовини, так звані флокулянтами. Під флокуляцією розуміють процес пластівцеутворення - взаємодія високомолекулярних речовин із частками, що перебувають у воді з утворенням агрегатів (пластівців, комплексів), що мають трьохмірну структуру. Флокулянти існують неорганічні (наприклад, активна кремнієва кислота), природні органічні та синтетичні (технічний поліакриламід, гідролізований поліакриламід, поліетиленімін).

Очистка стічних вод коагуляцією та флокуляцією включає наступні процеси: приготування водних розчинів коагулянту та флокулянту, їх дозування, змішування розчинів зі стічною водою, пластівцеутворення та видалення пластівців з води.

#### **4.5. Тонкошарові відстійники**

Створення відстійників, що працюють за принципом відстоювання в тонкому шарі, є одним з найбільш перспективних напрямків удосконалювання горизонтальних відстійників.

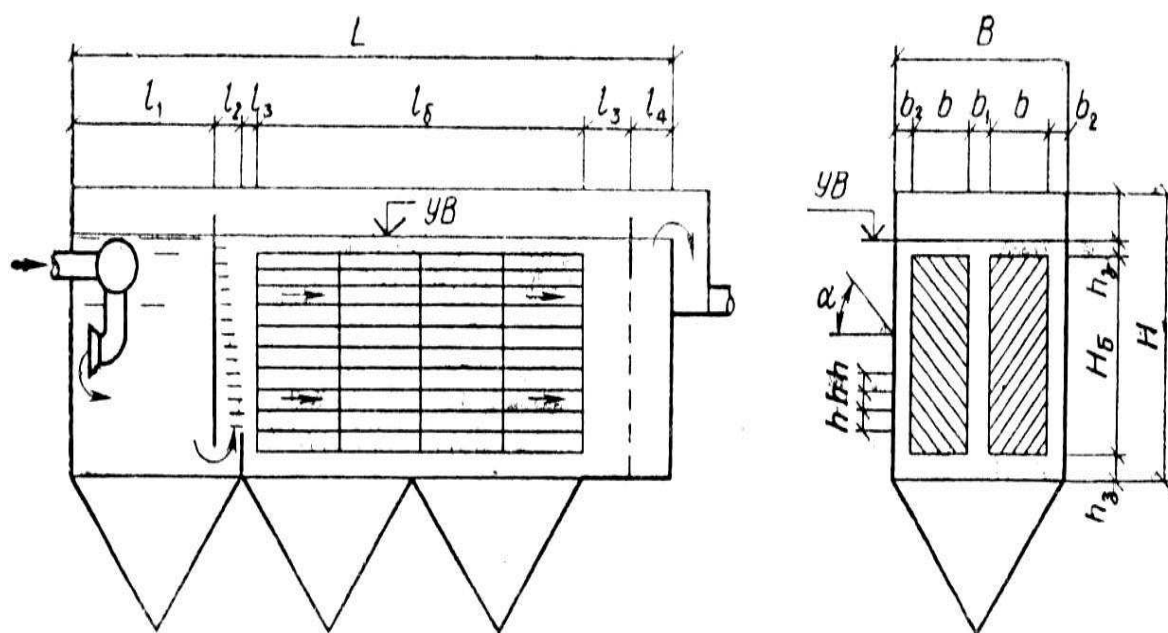
Тонкошарове відстоювання застосовується при необхідності зменшення об'єму очисних споруд унаслідок обмеженості площі, що відводиться для цього та для підвищення ефективності існуючих відстійників. У першому випадку тонкошарові відстійники виконують роль самостійних споруд, у другому - існуючі відстійники доповнюються тонкошаровими модулями, які розташовують в апараті, який удосконалюється перед водоскидним пристроєм.

Відстійники, які працюють за принципом тонкошарового відстоювання, використовуються в Росії і країнах далекого зарубіжжя, особливо у Японії, Німеччині та ін. Тонкошарові блоки виготовляються заводським способом і потім вбудовуються у відстійники.

У тонкошарових відстійниках відстійна зона ділиться на ряд шарів невеликої глибини. Взаємний рух води, що очищується і осаду, що видаляється, може здійснюватися за наступними схемами:

- перехресною схемою (у поличних відстійниках);
- прямоочною;
- протиточною.

При перехресній схемі видалений осад рухається перпендикулярно руху стічних вод, а при прямоочної і протиточної схемах – відповідно за ходом руху стічних вод або у зворотному напрямку.



**Рис. 4.5 - Схема тонкошарового відстійника, що працює за перехресною схемою видалення осаду**

За розрахункові параметри тонкошарового відстійника (рис. 4.6) приймають довжину пластин у блоці  $L_{bi}$  і довжину розташування тонкошарових модулів  $L_b$ .

Довжину пластини  $L_{bi}$  визначають за формулою

$$L_{bi} = v_w \cdot h_{ti} / U_o, \quad (4.5.1)$$

де  $v_w$  - швидкість потоку в ярусі;

$h_{ti}$  - висота ярусу.

Дані параметри задаються СНиП [2].

Продуктивність однієї секції розраховують по [2], для якої  $H_{bi}$  визначають за формулою

$$H_{bi} = n_{ti} \cdot b_n, \quad (4.5.2)$$

де:  $n_{ti}$  - кількість ярусів у блоці, що призначається з конструктивних міркувань;

$b_n$  - визначають за формулою

$$b_n = h_{ti} \cos \alpha. \quad (4.5.3)$$

Величині  $L_b$  визначають за формулою

$$L_b = q_{set} / (3,6 K_{set} \cdot v_w \cdot B_{bi}), \quad (4.5.4)$$

де  $q_{set}$  - витрата стічних вод на секцію,  $m^3/ч$ .



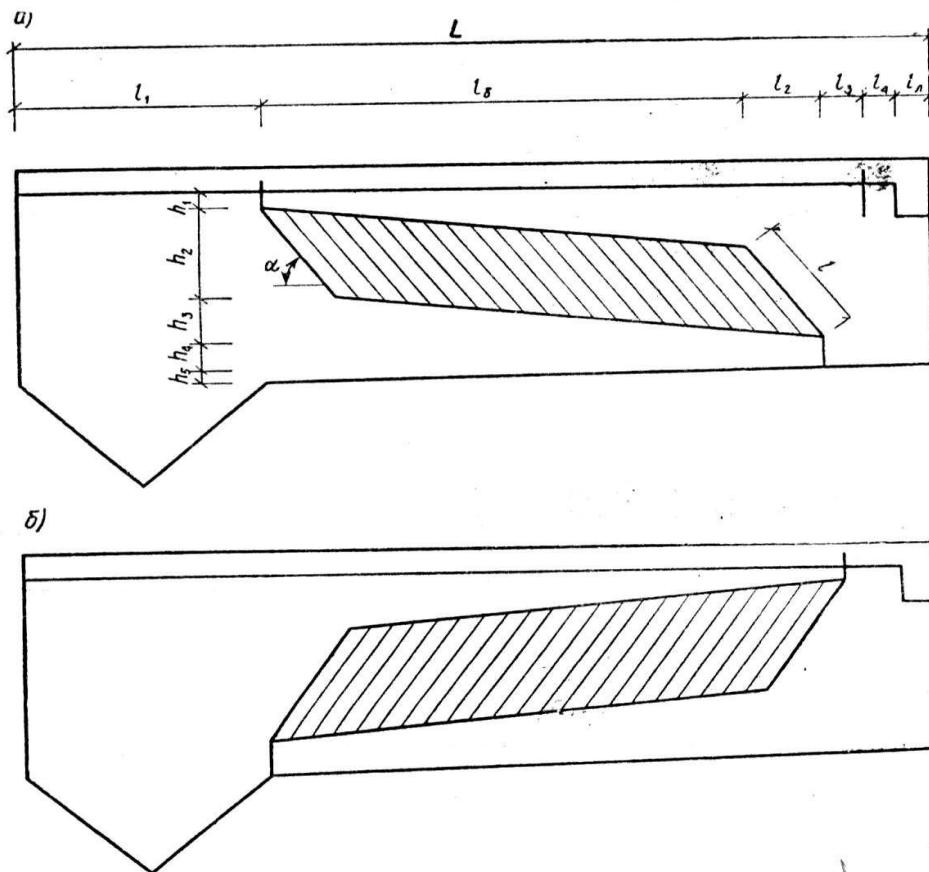
Загальна довжина  $L_{\text{сгр}}^o$  відстійника, м

$$L^o = L_b + l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_n, \quad (4.5.5)$$

де  $l_1$  - довжина зони, що визначається з умови формування потоку перед розподілом між ярусами. У цьому ж об'ємі відбувається видалення великих механічних домішок, при цьому  $l_1^n$  приймають в інтервалі від одного до 1,5 м;

$$l_2 = l_{bi} \sin(90 - \alpha);$$

$$l_3 = 0,3 \text{ м}; \quad l_4 = 0,05-0,1 \text{ м}; \quad l_n = 0,4-0,5 \text{ м}.$$



**Рис. 4.6 - Схема відстійника, обладнаного тонкошаровими блоками, що працює за противоточною схемою видалення домішок:**

а) важких домішок; б) легких домішок (масла, нафтопродукти)

Загальну глибину води у відстійнику  $H_{cmp}$ , м, визначають як суму висот різних зон:

$$H_{cmp} = h_m + h_2 + h_3 + h_4 + h_5, \quad (4.5.6)$$

де  $h_2 = L_{bi} \sin \alpha$ ;

$$h_m \geq 0,1 \text{ м}; h_3 = 0, 2-0,5 \text{ м}; h_4 = 0, 1-0,2; h_5 = 0,3 \text{ м}.$$

Продуктивність відстійника, обладнаного тонкошаровими блоками при противоточній схемі роботи, буде:

$$q_{set} = 3,6 K_{set} \cdot H_{bl} \cdot B_{bl} \cdot V_{\omega}.$$

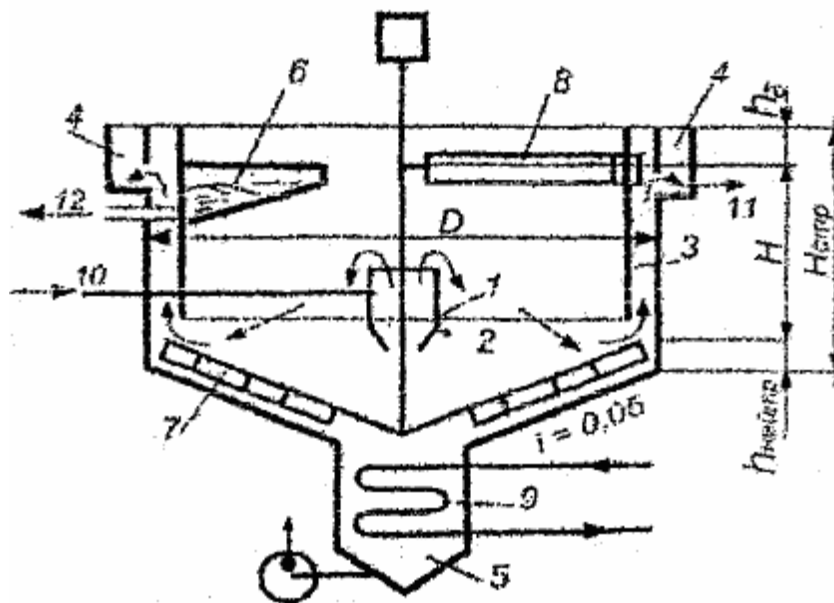
#### 4.6. Відстійники спеціального призначення

Спеціальні відстійники - це відстійники, призначені для виділення з виробничих стічних вод специфічних забруднюючих речовин.

Створення спеціальних конструкцій відстійників для очистки виробничих стічних вод обумовлено різноманіттям нерозчинних речовин, які доцільно видаляти відстоюванням. Це можуть бути і важкі домішки (окалина, пісок, інші мінеральні речовини, важкі смоли), і досить легкі, що спливають (нафта, масла, жири, легкі смоли та ін.).

Легкі домішки, що спливають, утримуються в стічних водах різних галузей промисловості: машинобудівної, металургійної, хімічної, нафтової та інших. Ці речовини можуть бути присутні в стічних водах самотійно або в сполученні з іншими нерозчинними домішками, в тому числі й важкими. В цьому випадку у всіх спеціальних відстійниках передбачаються спеціальні пристрої для збору й відділення легких і важких домішок. Одними з таких споруд є тонкошарові відстійники, нафтовловлювачі з тонкошаровими блоками, маслосмолоуловлювачі та ін.

Для очистки стічних вод коксохімічних заводів (фенольних стічних вод, забруднених переважно смолою й маслами) застосовують радіальні й прямокутні відстійники - смолоуловлювачі. За нормативними даними «Гіпрококсу» тривалість відстоювання у відстійниках - смолоуловлювачах – 6 год., а ефективність осадження смоли - 70-80%.



**Рис. 4.7 - Схема радіального смоломаслоуловлювача:**

*1 - відкритий гідроциклон (водорозподільник); 2 - відстійна зона;  
3 - перегородка підвісна кільцева; 4 - кільцевий лоток очищеної води; 5 - збірник для смол; 6 - радіальний лоток для масел і легких смол; 7 - донний шкребок; 8 - верхній шкребок; 9 - обігрівач; 10, 11 - вихідна і очищена вода; 12 - масла й легкі смоли*

Однак смоломаслоуловлювачі не повністю затримують дрібнодисперсні забруднення, внаслідок чого їхній залишковий вміст після відстоювання на протязі 4-6 год. не знижується менше 200-300 мг/л. Тому споруди такого типу служать для попередньої очистки стічних вод.

Радіальний відстійник - смоломаслоуловлювач складається з металевого корпусу, розташованого над поверхнею землі, оснащеного нижніми скребковими пристроями для переміщення смоли, яка осаджується в центральний зумпф і верхніми пристроями для видалення спливаючих забруднень. Стічна вода подається в смолівідстійник по трубопроводу в центр і потім через центральну трубу надходить в осадову частину, відстоюється, рухаючись радіально від центра до периферії. Потім прояснена вода через заглибну перегородку і кільцевий водозлив надходить у лоток проясненої води, з якого вона відводиться за межі відстійника. Смола, що осаджується на дні відстійника, періодично видаляється скребковим пристроєм у центральний

прямоку, з якого відкачується насосом у збірник смоли. Для зменшення в'язкості смоли перед відкачуванням підігрівають парою до температури 55-60°C. Спливаючі забруднення (масла) перетікають у радіальний лоток, з якого відводяться у складуючу ємкість.

Приймають:

- середню глибину робочого шару води 1,5 м;
- швидкість руху води 1-2 мм/с;
- тривалість відстоювання 3-4 год,
- ефект освітлення 80-90%
- об'ємна маса осаду 1,1/см<sup>3</sup>
- частота обертання скребкового пристрою 1 хв.

*Горизонтальні нафтоуловлювачі* застосовують для механічної очистки виробничих стічних вод від нафтопродуктів за рахунок гравітаційного відстоювання (спливання продуктів нафти із щільністю 0,97 г/см<sup>3</sup> і осадження твердих механічних домішок). Нафтоуловлювачі існують горизонтальні, багатоярусні (тонкошарові) і радіальні апарати.

Нафтоуловлювачі застосовують для затримки грубодисперсних нафтових часток (розмір > 100 мкм) при концентрації їх у стоках більше 100 мг/л. Для зниження в'язкості нафти в зимовий час передбачається обігрів поверхні рідини змішувиком або за периметром відстійної камери.

Поворотні труби, діаметр яких дорівнює 300 мм і поздовжні щілини в них шириною біля 30-50 мм, служать для зливу нафти, що надходить у нафтозбірні резервуари.

Нафтоуловлювачі затримують 60-70 % нафтопродуктів, залишковий вміст нафти в очищених стоках становить від 30-50 до 100-150 мг/л, при забрудненні води тільки легкими нафтопродуктами до 30-50 мг/л. Стічні води, що надходять на біодоочищення не повинні містити нафтопродуктів більше 20 мг/л.

При проектуванні нафтоуловлювачів враховують наступні рекомендації:

1. Робоча глибина не більше 2 м;
2. Ширина секцій 3-6 м;

3. Число секцій не менше 2;
4. Відношення довжини до робочої глибини від 15 до 20;
5. Товщина шару спливаючих нафтопродуктів до 0,1 м;
6. Товщина шару осаду до 0,1 м;

Вологість осаду становить 95%. Об'ємна вага  $1,1 \text{ т/м}^3$ . Зі збільшенням тривалості перебування під водою осад ущільнюється.

#### **4.7. Відстоювання у полі відцентрових сил**

##### **4.7.1. Напірні гідроциклони і центрифуги**

Для видалення завислих речовин з води широко застосовуються гідроциклони - апарати, в яких процес очистки відбувається під дією відцентрових сил забруднюючих домішок, які виникають в результаті обертального руху води в апаратах. Гідроциклони бувають двох типів – напірні (закриті) та низьконапірні (відкриті).

У гідроциклонах поле відцентрових сил виникає завдяки тангенціальному підведенню води до циліндричного корпусу апарата.

Напірний гідроциклон складається з циліндричної та конічної частин. Швидкості впуску води в напірних гідроциклонах можуть досягати значних величин -10 м/с. При цьому тверді частки, щільність яких більше 1 відкидаються до стінок і потім сповзають униз до шламового отвору, а частки щільність яких менше 1 (масла і нафтопродукти) переміщуються до центра під дією відцентрових сил.

Відведення очищеної води здійснюється через центральну трубу. Уловлені частинці падають у конусну частину та видаляються через шламову насадку з частиною води.

Недоліки напірних гідроциклонів - великі втрати напору, швидке зношення елементів впуску води та небезпека засмічення шламових отворів. На практиці такі апарати не знайшли широкого застосування для очистки стічних вод у зв'язку з зазначеними недоліками, а також у зв'язку з тим, що в цих апаратах не вдається затримувати дрібнодисперсні частки крупністю

менше 1-5 мкн, які найбільш характерні для стічних вод ПП. Крім того, завислі речовини, що втримуються в стічних водах ПП, практично повсюди характеризуються полідисперсним складом, що приводить до забивання шламових отворів.

Напірні гідроциклони продовжують удосконалювати з погляду поліпшення конструкції в наступних напрямках:

- уловлювання з оброблюваної рідини не тільки твердих часток, але й рідких домішок (мастил, жирів, нафтопродуктів);
- розробка пристроїв, що дозволяє домогтися виключення засмічення шламових отворів.

### *Центрифуги*

Для видалення зі стічних вод твердих механічних домішок доцільно використовувати осаджувальні центрифуги безперервної і періодичної дії. Процес очистки в центрифугах як і в напірних гідроциклонах відбувається під дією відцентрових сил. Поле відцентрових сил забезпечується обертанням корпусу (ротора) центрифуги. Процес розділу фаз у полі відцентрових сил умовно можна вважати, що протікає за принципом відстоювання, причому дія сили вільного падіння замінюється дією відцентрових сил.

Застосування центрифуг найдоцільніше і економічно виправдано в наступних випадках:

- для локальної очистки стічних вод, коли видалений осад представляє цінність і може бути утилізований;
- при складі забруднень у воді, коли для її очистки не можна використовувати реагенти;
- для скорочення площі, на якій розміщують установку.

Вітчизняна промисловість не виготовляє центрифуг, спеціально призначених для очистки води. З центрифуг, що серійно випускаються, для цієї мети найбільш підходять осаджувальні горизонтальні шнекові центрифуги безперервної дії ОГШ і центрифуги періодичної дії маятникового типу ОМ.

Центрифуги типа ОГШ можна застосовувати для видалення завислих речовин гідравлічною крупністю близько 0,2 мм/с (протиточні) і 0,05 мм/с (прямоточні). Концентрація механічних забруднень не повинна перевищувати 2-3 г/л.

Основною характеристикою відцентрових апаратів є фактор розділення  $Fr$  – критерій Фруда, що виражається відношенням:

$$Fr = \frac{a_{\omega}}{g} = \frac{\omega^2 r}{g}, \quad (4.7.1)$$

де  $a_{\omega}$  - відцентрове прискорення, м/с<sup>2</sup>;

$\omega$  - кутова швидкість обертання води, м/с;

$r$  - радіус обертання, м.

*Маятникові центрифуги з ручним вивантаженням осаду* прості за конструкцією, компактні, надійні в експлуатації і не потребують значних експлуатаційних затрат. Застосовуються для обробки дрібно- та середньодисперсних суспензій і емульсій. Осад накопичується у робочому об'ємі ротора центрифуги, при цьому паралельно відбувається його ущільнення та зневоднення. Як тільки рівень осаду досягає певної межі, ефект прояснення різко падає внаслідок зменшення об'єму робочої зони, подача стічних вод припиняється, центрифуга зупиняється і осад вивантажується. До недоліків цих центрифуг відносять необхідність застосування ручної праці для вивантаження зневодненого осаду, поганий розподіл суспензії, що оброблюється у робочому об'ємі ротора і недостатньо повне його використання, відсутність автоматики. Ефект прояснення можна збільшити зниженням гідравлічного навантаження.

*Шнекові центрифуги з безперервним вивантаженням осаду* значно продуктивніші, ніж маятникові і по суспензії і по осаду. Однак ефект прояснення стічних вод нижче, оскільки у роторі центрифуги прояснення стічних вод, формування і ущільнення осаду відбувається при одночасному його транспортуванні та зневодненні. Ефект прояснення залежить від властивостей осаду, що утворюється.

#### 4.7.2. Відкриті гідроциклони, флокулятори

У відкритих гідроциклонах використовуються переваги відстійних апаратів і напірних гідроциклонів.

Відкриті гідроциклони доцільно застосовувати для освітлення порівняно невеликих кількостей стічних вод ( $100-200 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), що володіють значною концентрацією суспензії та високими флокуляційними властивостями.

Відокремлення зависі від води здійснюється під дією як сил тяжіння, так і відцентрових сил.

У відкритих гідроциклонах можна очищати забруднені води від завислих речовин, нафтопродуктів, допускається також застосування коагуляції для інтенсифікації процесу очистки стічних вод.

Звичайний відкритий гідроциклон за конструкцією подібний до вертикального відстійника, у нього тільки відсутня центральна труба, а підведення води здійснюється тангенціально у нижній частині апарату.

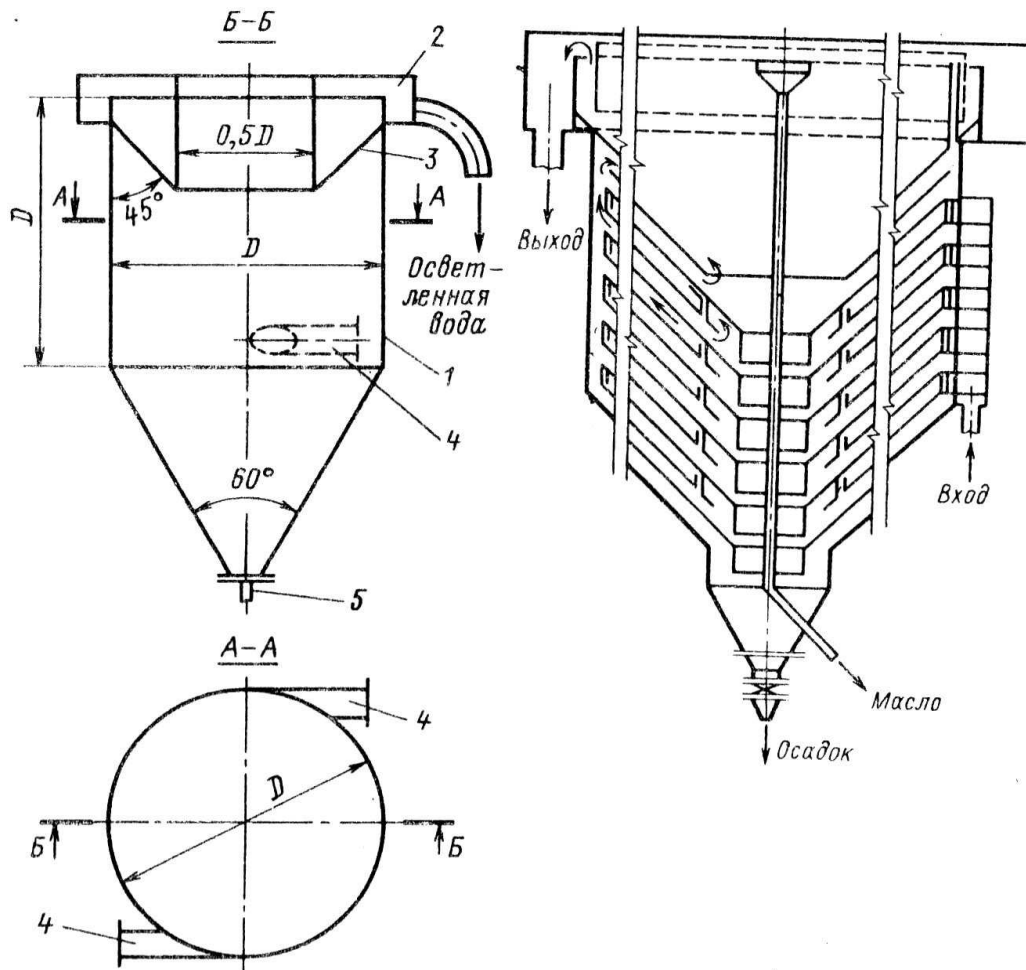
Відкритий гідроциклон (рис. 4.8) складається з трубопроводу подачі стічних вод, що очищаються, тангенціального до циліндричної частини апарата та циліндричного корпусу з витягнутим вниз конічним днищем. Вода рухається в апараті обертаючись уверх, проходить через отвір у конічній діафрагмі, збирається в кільцевий водозбірний лоток та відводиться з апарату. Осад випадає в конічну частину апарата.

Найбільшого поширення в чорній металургії одержали гідроциклони діаметром 6 м.

Завдяки тангенціальній подачі води в апараті створюється обертально-поступальний рух, який сприяє укрупненню, флокуляції завислих часток. Це укрупнення відбувається завдяки градієнтній коагуляції. Укрупненню часток сприяє також та обставина, що вода, яка очищується і домішки, що осаджуються, перебувають у зустрічному русі. Така гідродинаміка апарата дозволяє домогтися істотної інтенсифікації процесу очистки в порівнянні з вертикальними відстійниками і освітлювачами зі зваженим шаром осаду.

Відвід проясненої води здійснюється через кільцевий лоток з водозливом.





**Рис. 4.8- Відкритий гідроциклон:**

1 – корпус; 2 – кільцевий лоток; 3- конічна діафрагма;  
4 – підвідні патрубки; 5 – відведення шламу

Для підвищення ефективності конструкція гідроциклону доповнюється циліндричною перегородкою. Впуск води здійснюється тангенціально в простір, обмежений внутрішнім циліндром. При цьому виникає замкнутий циркуляційний потік, який сприяє поліпшенню якості очистки.

Швидкості руху води у відкритих гідроциклонах значно менше, ніж у напірних гідроциклонах, тому вони забезпечують не відкидання часток до стінок апарата, а їхнє укрупнення в процесі повільного обертально-поступального руху. У нижній частині відкритого гідроциклону відбувається швидке укрупнення часток за рахунок кінетичної і градієнтної коагуляції.

Наявність діафрагми сприяє розширенню потоку води та відділенню завислих речовин, зменшенню обсягу застійних зон і як наслідок цього

збільшенню коефіцієнта використання обсягу апарата. Цей коефіцієнт ( $\alpha$ ) для відкритих гідроциклонів дорівнює 0,8. При відсутності конічної діафрагми  $\alpha=0,5-0,6$ .

Відкриті гідроциклони застосовують наступних типів: без внутрішніх устроїв, з діафрагмою, з діафрагмою і циліндричною перегородкою та багатоярусні.

Ефект очистки у відкритих гідроциклонах визначається в основному гідравлічним навантаженням, що встановлюється залежно від характеристики стічних вод, від ступеню очистки і від геометричних розмірів гідроциклона.

Для всіх видів відкритих гідроциклонів питома гідравлічне навантаження на гідроциклон,  $\text{м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  визначають за формулою

$$q = 3,6 \cdot U_0 \cdot K, \quad (6.1)$$

де  $U_0$  - гідравлічна крупність часток, мм/с;

$K$  - коефіцієнт пропорційності, що залежить від конструкції гідроциклона (для простих гідроциклонів  $K=0,61$ ).

Апарат працює як без коагуляції й флокуляції за допомогою реагентів, так і особливо ефективно за допомогою цих речовин.

Ефект роботи гідроциклону значно збільшується при використанні коагулянтів. Так, стосовно до стічних вод газоочисток мартенівських печей та конверторів для досягання необхідної ефективності очистки (150 мг/л у проясненій воді) навантаження без коагуляції складає 5-6  $\text{м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{ч}$ , а з застосуванням коагулянтів – 12  $\text{м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{ч}$ .

Головним недоліком відкритих гідроциклонів є небезпека забивання шламових отворів, що істотно ускладнює експлуатацію. Як можливі шляхи виключення цього явища можна відзначити: 1) устрій скребкового пристрою, який приводиться в дію за допомогою електропривода; 2) видалення осаду з гідроциклона за допомогою шламових насосів. Ці рішення дозволяють не тільки виключити забивання шламових отворів, але й зменшити кількість

шламової пульпи, що видаляється з апарата і відповідно дозволяє збільшити концентрацію твердої речовини.

### *Флокулятори*

Флокулятор – апарат, в якому суміщені конструктивні елементи відкритого гідроциклону і радіального відстійника. Відмітною особливістю флокулятора є відсутність високої конусної частини, днище виконується з невеликим ухилом до розташованого у центрі зумпфу. Передбачається тангенціальний підвід води, за рахунок чого в апараті створюється обертальний рух води, а також розосереджений збір і відведення очищеної води. Шлам видаляється за допомогою скребкової ферми з центральним приводом.

Флокулятор призначений для очистки стічних вод як із застосуванням реагентів для коагуляції і флокуляції, так і без них. У якості коагуляції, можуть бути використані наступні електроліти: хлорне і сірчаноокисле залізо, сірчаноокислий алюміній та ін., у якості флокулянта – поліелектроліти: поліакриламід (ПАА), поліетиленімін та ін.

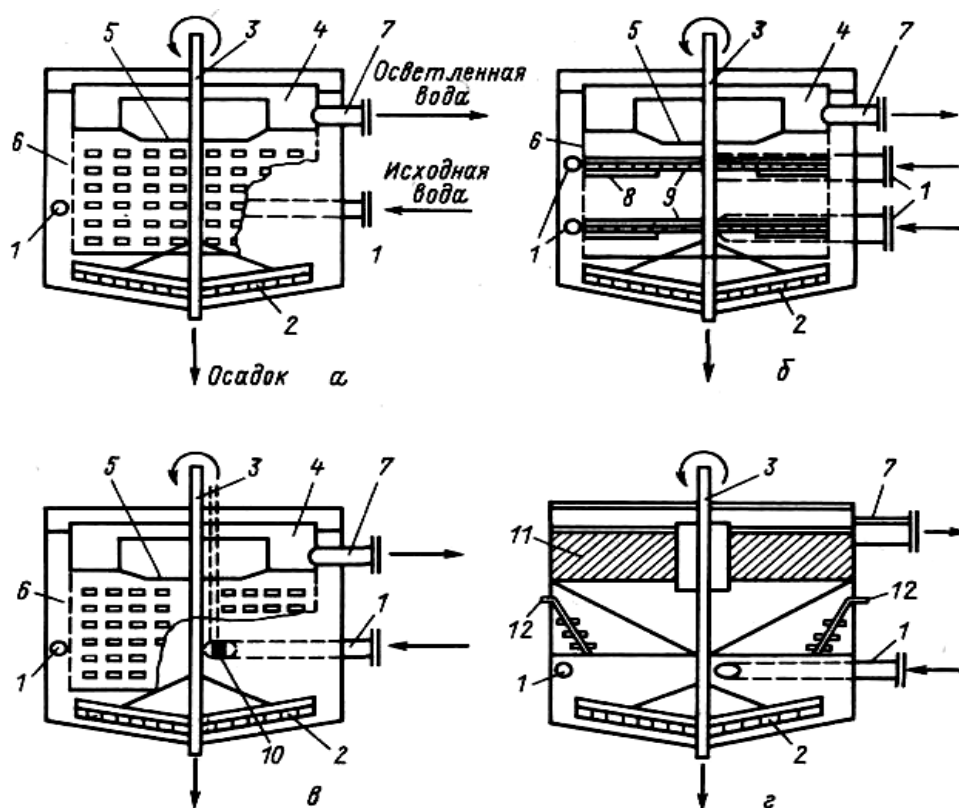
Встановлено, що у флокуляторі з плоскою діафрагмою і розосередженим випуском води вміст завислих речовин у проясненій воді 150 мг/л досягається при навантаженні до  $15 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{ч}$ . Найкращі результати прояснення (освітлення) води виходять при навантаженні  $10\text{-}11 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{ч}$ . Флокулятори такої конструкції встановлені і тривалий час знаходяться в експлуатації в системі оборотного водопостачання газоочистки киснево-конверторного цеху «Азовсталь».

На рис. 4.9, а наведено флокулятор з розподільною камерою. Підведення води у нього передбачається тангенційними патрубками у розподільну камеру, що утворюється між корпусом та перфорованою перегородкою. Вона є також і камерою флокуляції. В умовах повільного обертального руху, яке має місце у камері флокуляції, при оптимальних параметрах відбувається укрупнення завислих речовин та зростає швидкість їх осадження.

Завислі частинки осідають на дно флокулятора і потім видаляються за допомогою скребкової ферми в пріямок апарата, звідки осад видаляється

шламовими насосами на подальшу обробку. У верхній частині флокулятора, аналогічно гідроциклонам, встановлена конічна діафрагма. Також передбачені циліндричний водозлив, збірний лоток та відвідний трубопровід.

Ярусний флокулятор (рис. 4.9, б) також обладнано перфорованою перегородкою, яка створює камеру флокуляції. У ньому також передбачені проміжні діафрагми, які створюють додаткові яруси, що збільшує площу відстоювання. Проміжні діафрагми обладнані додатковими фермами для видалення з них осаду.



**Рис. 4.9 – Принципові схеми флокуляторів:**

а – флокулятор з розподільною камерою; б – ярусний флокулятор; в – флокулятор з пристроєм для коректування швидкості; г – тонкошаровий флокулятор; 1- тангенціальний патрубкок; 2- ферма; 3 - вал; 4 – лоток; 5 – діафрагма; 6 – перфорована перегородка; 7- відвідний патрубкок; 8 – проміжні діафрагми; 9 – додаткові ферми; 9 – пристрій для коректування швидкості потоку; 11- тонкошарові модулі; 12 - труби з соплами для змивання осаду

Модифікацією флокулятора з розподільною камерою є апарат з пристроєм для коректування швидкості (рис. 4.9, в), який розташований у корпусі на вході тангенційних патрубків.

На базі вищезгаданих очисних апаратів розроблено також новий тип апарата - тонкошаровий флокулятор (рис. 4.9, г). У цьому апараті суміщено безперервне механізоване збирання шламу за допомогою обертаючої скребкової ферми з максимальним ступенем заповнення поперечного перерізу апарата пластинчатими тонкошаровими модулями.

Гідроциклони та флокулятори, які володіють завищеною продуктивністю у порівнянні зі звичайними відстійними спорудами, полегшують створення локальних систем оборотного водопостачання, оскільки завдяки невеликим габаритам можуть бути компактно розміщені поблизу цехів навіть в умовах діючих підприємств.

#### **4.8. Очистка води методом фільтрування**

У більшості випадків фільтри застосовуються для глибокої очистки (доочистки) стічних вод після фізико-хімічної або біологічної очистки для подальшого вилучення тонкодиспергованих речовин, а також для виділення специфічних забруднень.

Для очистки стічних вод застосовують високовиробничі фільтраційні споруди – швидкі та сітчасті фільтри зі швидкістю фільтрації відповідно 5-15 та 30 м/год на 1 м<sup>2</sup> площі фільтрації та спеціальні конструкції фільтрів для видалення специфічних забруднень.

Сітчастими фільтрами видаляють зі стічних вод завислі та плаваючі речовини при концентрації їх у вихідній воді більше 30 мг/л. Стабільна та надійна робота швидких фільтрів може бути забезпечена при концентрації завислих речовин не більше 30 мг/л і нафтопродуктів не більше 50 мг/л.

Для швидких фільтрів використовуються відкриті (безнапірні) або напірні апарати з висхідним або низхідним напрямом руху фільтраційного потоку.

Фільтрування води полягає в пропущенні її через шар зернистого або пористого фільтруючого матеріалу, що володіє здатністю затримувати на своїй поверхні під дією сил прилипання або у своїй товщі завислі частки забруднень, що втримуються у воді.

Фільтри із зернистим завантаженням застосовуються для доочистки стоків виробництв хімічної, металургійної, легкої, гірничодобувної, будівельної й ряду інших галузей промисловості.

До фільтруючих матеріалів пред'являється ряд вимог. Вони повинні мати певний фракційний склад, механічну міцність (на стирання і здрібнювання), хімічну стійкість до води і її домішок, повинні бути доступними і мати невисоку вартість.

В якості фільтруючого середовища можуть бути застосовані природні та штучні фільтруючі матеріали (кварцовий пісок, дроблений антрацит, кварц, мармур, керамічна крихта, доломіт, магнетит і ін.). Останнім часом одержали поширення керамзит, синтетичні матеріали (полістирол, поліуретан і ін.), горілі породи і т.п. Для завантаження фільтрів застосовують середньозернистий (розміри зерен 0,35 - 1,5 мм) і грубозернистий пісок (0,5 - 2 мм).

Крім зернистих матеріалів фільтрувати воду можна через різні металеві сітки, перегородки.

За крупністю фільтруючого матеріалу розрізняють - дрібнозернисті (розміром часток верхнього шару завантаження 0,4 мм), середньозернисті (0,4 - 0,8 мм) і грубозернисті (більше 0,8 мм) завантаження.

Для запобігання виносу фільтруючого матеріалу з фільтратом застосовують спеціальні дренажні системи (пористі труби і плити, ковпачки та ін.) або укладають фільтруючі матеріали на підтримуючі шари (гравій, щебінка і т.п.), розташовані один за одним у порядку збільшення крупності часток.

При погіршенні якості фільтрату або значному збільшенні гідравлічного опору фільтра проводиться промивання фільтруючого матеріалу завантаження.

За числом фільтруючих шарів фільтри існують одношарові, двошарові та багат шарові, наприклад, каркасно-засипні.

Швидкі фільтри можна завантажувати матеріалом з рівною крупністю часток або декількома різнорідними матеріалами, які розташовують у напрямку зменшення крупності завантаження. Фільтри застосовують з вертикальним низхідним або висхідним потоком води. Брудоемкість (кількість забруднень, кг, що видаляються з 1м<sup>2</sup> поверхні завантаження фільтра) фільтрів з висхідним потоком води та зменшенням крупності завантаження, як правило, у 2 рази перевищує брудоемкість фільтрів з однорідним завантаженням і низхідним потоком води.

У теперішній час для очистки стічних вод перевагу віддають фільтрам з низхідним потоком, у яких дренажна система захищена від впливу забруднень, що містяться у стічних водах, і тому працює більш надійно. На фільтрах з висхідним потоком спостерігається замулювання дренажу, корозія труб, заростання їх карбонатами, що викликає серйозні ускладнення при експлуатації фільтрів.

Регенерація зернистого фільтруючого завантаження здійснюється найчастіше зворотним струмом води певною інтенсивністю. Синтетичні матеріали, що використовують для очистки стічних вод від нафтопродуктів, регенерують звичайно шляхом їх віджимання. Регенерацію заправки більшості конструкцій швидких фільтрів здійснюють періодично.

У системах виробничого водопостачання фільтрування води найчастіше здійснюється в напірних фільтрах із грубозернистим завантаженням кварцовим піском або дробленим антрацитом. Напірні фільтри застосовують для механічної очистки стічних вод після їх гравітаційного відстоювання.

*Напірні швидкі фільтри* являють собою закриті резервуари циліндричної форми. Фільтри обладнані дренажною системою, призначеною для відводу освітленої води і подачі промивної води, розподільним пристроєм для стислого повітря та т.п. Фільтри розраховують на тиск 0,4 – 0,6 МПа. Застосовують вертикальні й горизонтальні напірні фільтри. Промисловістю випускаються вертикальні напірні фільтри діаметром 1000, 1400, 2000, 2600, 3000 і 34000 мм, продуктивністю 50 – 90 м<sup>3</sup>/год. Висота шару фільтруючого матеріалу становить

звичайно 1000 – 1200 мм. Вода на очистку подається під напором у верхню частину камери фільтра. Потім у спадному потоці вода проходить фільтруючий шар, освітлюється і через трубчастий дренаж видаляється під залишковим напором за межі фільтра. В міру забруднення фільтруючого шару, при збільшенні його опору до 0, 15 МПа фільтр виводиться на промивання, що полягає в подачі води і стиснутого повітря зворотним струмом - знизу нагору. Подача повітря потрібна для розпушення зерен фільтруючого матеріалу і кращого відмивання їх від забруднень.

Розроблені в останні роки напірні фільтри з двома та трьома камерами, що практично представляють два або три фільтри, розташовані один над одним, дозволяють підвищити в 2 - 3 рази продуктивність води без збільшення діаметра фільтра.

Напірні швидкі фільтри застосовують для прояснення порівняно невеликої кількості стічних вод, забруднених завислими речовинами, смолами й ін.

Напірні фільтри мають напрямок фільтрування зверху вниз, швидкість фільтрування 5-12 м/год, а тривалість фільтроциклу 12-48 год залежно від якості стічних вод. Залишковий вміст у воді нафтопродуктів допускається 7-20 мг/л (початковий вміст 40-80 мг/л), механічних домішок - 10-20 мг/л (початковий вміст 30-60 мг/л).

Брудоемкість зернистих фільтрів приймають за затримкою 1-2 кг/м<sup>3</sup> нафти і 1,5-3 кг/м<sup>3</sup> механічних домішок. Ефективність фільтрування підвищується при додаванні у воду 5-10 мг/л коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  і 0,2-0,3 мг/л флокулянта ПАА.

Фільтри промивають через дренажну систему знизу нагору. При крупності часток піску 0, 7-0,8 мм інтенсивність промивання приймають 10-12 л/(с · м<sup>2</sup>), а при крупності 1-1,2 мм – 14-16 л/(с · м<sup>2</sup>). Тривалість промивання становить 10-20 хвил.

Збільшення брудоемкості фільтрів без зниження ефективності прояснення води досягається застосуванням фільтрів з багатошаровим завантаженням, що



складається з матеріалів різної щільності. Наявність у багатошаровому фільтрі верхніх грубозернистих шарів спричиняє більшу глибину проникнення забруднень, а наявність нижнього дрібнозернистого піщаного шару - досить високу ефективність прояснення води. Крім того, різні за природою фільтруючі матеріали збільшують імовірність адгезійної взаємодії часток із зернами завантаження.

Найбільше поширення одержали двошарові фільтри. Як матеріал верхніх фільтруючих шарів використовується антрацит ( $d_3 = 0,8 - 1,1$  мм), керамзит, полістирол, для нижніх шарів – пісок ( $d_3 = 0,4 - 0,5$  мм), граніт, магнетит і ін.

Швидкість фільтрування води становить 10 м/год і більше (до 25 м/год). Брудоемкість багатошарових фільтрів вище у 2-4 рази, а тривалість фільтроциклу - в 2 - 3 рази, ніж одношарових фільтрів.

Застосування фільтрів з тришаровим завантаженням (антрацит - пісок - граніт або полістирол - антрацит - пісок) дозволяє різко збільшити їх продуктивність.

Основним завданням промивання фільтра є встановлення такої інтенсивності і ступеня розширення шару завантаження, які забезпечують повне відмивання зерен від часток забруднень.

Витрата промивних вод при промиванні швидких і багатошарових фільтрів становить 3 – 5% від обсягу фільтрату. З метою зниження витрати промивної води і поліпшення якості відмивання зерен завантаження поряд із промиванням проводиться продувка завантаження стисненим повітрям. Повітря від компресора подається за допомогою спеціальної розподільної системи по фільтруючому завантаженню. Залежно від розміру зерен завантаження інтенсивність продувки приймають у межах 15 – 20 л/(м<sup>2</sup>·с), при цьому інтенсивність промивання фільтра водою знижується до 10 – 12 л/(м<sup>2</sup>·с).

### **Контрольні запитання**

1. Які споруди можуть входити до схеми механічної очистки виробничних стічних вод ?

2. Переваги й недоліки вертикальних і горизонтальних відстійників.
3. Типи конструкцій усереднювачів.
4. Відстоювання стічних вод у тонкому шарі.
5. Призначення та принцип дії відкритих і напірних гідроциклонів.
6. Конструктивні особливості і принцип роботи флокулятора.
7. Чим обумовлено створення спеціальних конструкцій відстійників для очистки виробничних стічних вод ?

## **5. ХІМІЧНА ОЧИСТКА ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД**

Хімічні й фізико-хімічні способи застосовують для очистки стічних вод від колоїдних і розчинених речовин. До основних хімічних способів очистки відносяться окислювання забруднюючих воду речовин, нейтралізація із введенням у стічні води речовин з кислою або лужною реакцією для забезпечення в них рН у межах 6, 5-8,5.

Хімічна очистка може здійснюватися як самостійний метод перед подачею виробничих стічних вод у систему оборотного водопостачання, а також перед спуском їх у водойму або міську каналізаційну мережу. Більшу небезпеку представляють кислі стоки, які до того ж зустрічаються значно частіше, ніж лужні. Найбільше часто стічні води забруднені кислотами - сірчаною, азотною, соляною, а також їхніми сумішами. У більшості кислих стоків містять солі важких металів, які необхідно видаляти.

З метою попередження корозії матеріалів очисних споруд, порушення біохімічних процесів у біологічних окислювачах у водоймах, а також з метою осадження зі стічних вод солей важких металів кислі й лужні стоки необхідно піддавати нейтралізації.

При хімічному очищенні застосовують наступні способи нейтралізації:

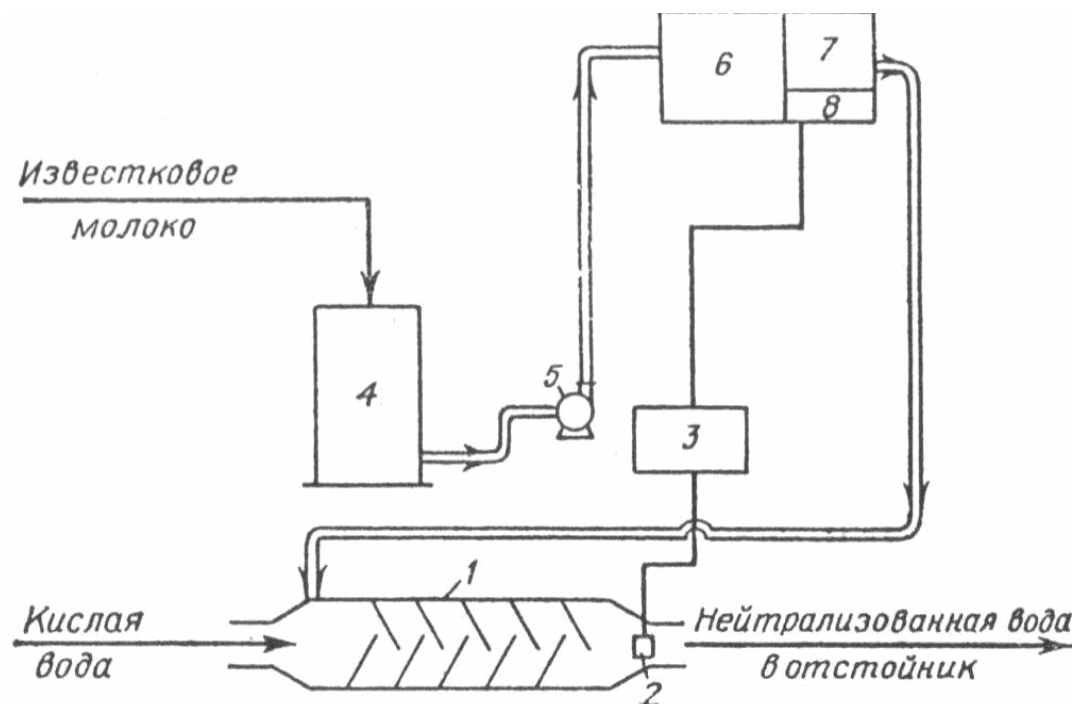
- взаємна нейтралізація кислих і лужних стічних вод;

- нейтралізація реагентами (розчини кислот, негашене вапно, гашене вапно  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , кальцинована сода, аміак);
- фільтрування через нейтралізуючі матеріали (вапно, вапняк  $\text{CaCO}_3$ , доломіт  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ , магнезит  $\text{MgO}$ ).

Вибір способу нейтралізації залежить від багатьох факторів: виду й концентрації кислот, що забруднюють виробничі стічні води, витрат і режиму надходження відпрацьованих вод на нейтралізацію, наявності реагентів, місцевих умов і т.п.

У процесі нейтралізації сірчаноокислих стічних вод вапняним молоком утворюється осад гіпсу, який має вологість 98 – 99%.

Установки для нейтралізації стічних вод (рис. 5.1) включають реагентне господарство, усереднювачі, змішувачі, контактні резервуари, відстійники для виділення шлам.



**Рис. 5.1 - Схема установки нейтралізації стічних вод:**

1 - змішувач; 2 - заглубний датчик; 3 - прилади системи автоматичного регулювання; 4 - збірник вапняного молока; 5 - насос; 6 - прийомна частина дозатора; 7 - дозатор; 8 - виконавчий механізм

Кисла вода з усереднювача потрапляє до змішувача 1, який є одночасно і контактним резервуаром. Заглибний датчик 2, встановлений на виході зі змішувача, а також прилад системи автоматичного регулювання 3 дозволяють здійснювати автоматичне регулювання рН вод на виході зі змішувача. Вапняне молоко зі збірника 4 насосом 5 подається у прийомну частину 6 дозатора 7.

Час перебування води в камері нейтралізації при використанні вапняного молока складає 5-30 хвилин в залежності від наявності у воді солей важких металів та інших домішок.

Виробничі стічні води в більшості випадків являють собою слабо концентровані емульсії або суспензії, що містять колоїдні частки розміром 0,001-0,1 мкм, дрібнодисперсні частки розміром 0,1 -10 мкм, а також частки розміром більше 0,1 мкм.

У процесі механічної очистки зі стічних вод легко видаляються частки розміром більше 10 мкм, дрібнодисперсні й колоїдні частки практично не видаляються. Стічні води багатьох виробництв після споруд механічної очистки являють собою агрегативно-стійку систему. Для їх очистки застосовують методи коагуляції, при цьому агрегативна стійкість порушується, утворюються більші агрегати часток, які видаляють зі стічних вод механічними методами.

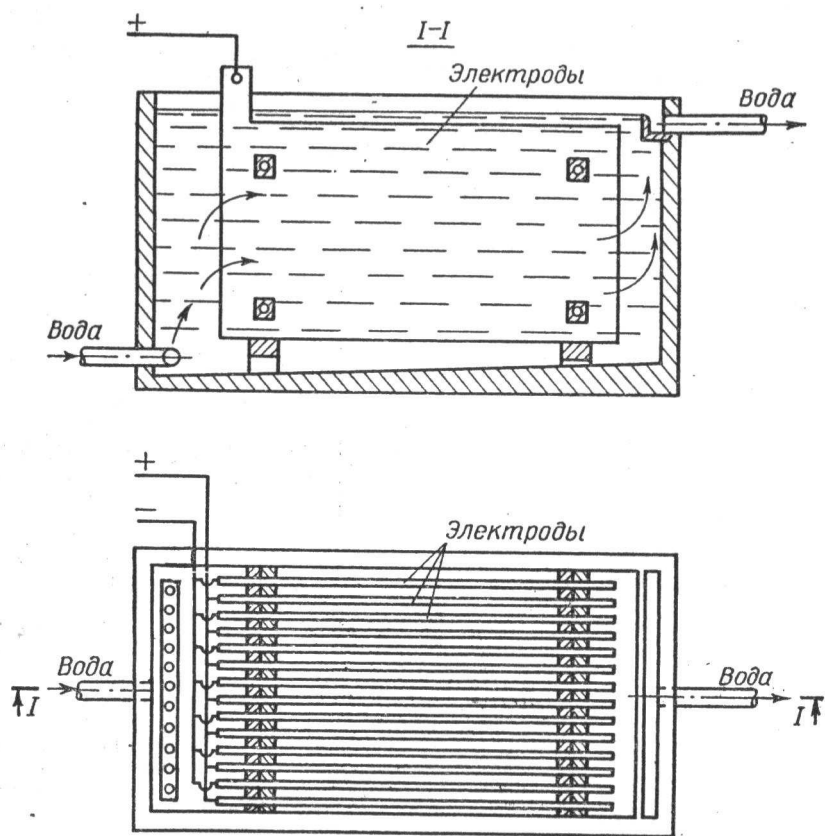
Застосування *електрохімічних методів* для очистки промислових стічних вод засновано на їх електролізі, тобто на пропусканні через них постійного електричного струму за допомогою занурених електродів. Очистка методом електрокоагуляції основана на їх електролізі з використанням металевих (сталей або алюмінієвих) анодів, що підлягають електролітичному розчиненню. Внаслідок розчинення анодів вода збагачується відповідними іонами, які потім утворюють у нейтральному чи слабколужному середовищі гідроокись алюмінію або гідрозакись заліза, яка під впливом розчиненого у воді кисню переходить у гідроокись заліза. У результаті здійснюється процес коагуляції, аналогічний обробці води відповідними солями алюмінію або заліза. Однак на відміну від застосування коагулянтів при електрокоагуляції вода не

збагачується сульфатами чи хлоридами вміст яких в очищеній воді лімітується як при скиданні у водойми, так і при повторному використанні в системах оборотного водопостачання.

Електрокоагуляційні методи застосовують в основному для очистки стічних вод із нейтральною або слабколужною реакцією ( $pH=5-9$ ).

Електрокоагуляція у поєднанні з електрофлотацією або без неї застосовується головним чином для видалення зі стічних вод нерозчинених тонкодиспергованих домішок, що утворюють у воді різні колоїдні системи.

Електрофлотацію застосовують (рис. 5.3) для обробки невеликої кількості стічних вод і технологічних розчинів у гальванічному виробництві при витраті не більше  $20-40 \text{ м}^3/\text{год}$  з високим вмістом солей і низькою електропровідністю.

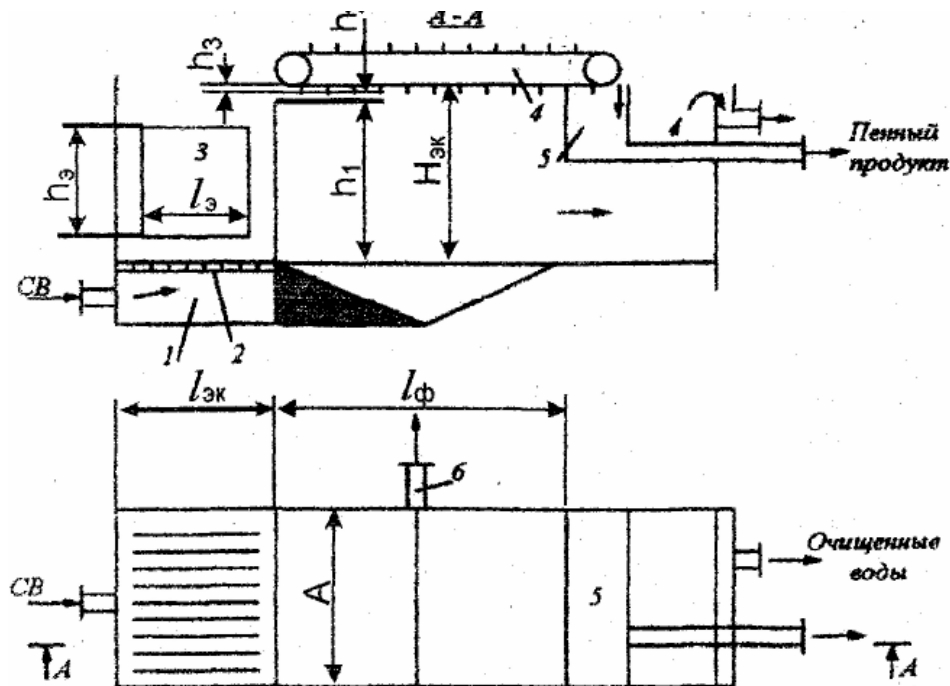


**Рис. 5.2 - Апарат для очистки воды методом электрохимической коагуляции**

При електрофлотації можливе використання коагулянтів і флокулянтів, а також комбіновані схеми напірної флотації й електрофлотації. Сутність цього способу очистки стоків полягає в перенесенні забруднюючих часток з рідини на її поверхню за допомогою пухирців газу, що утворюються при

електролізі стічної води. У процесі електролізу води на катоді виділяється водень, а на аноді - кисень. Основну роль у процесі флотації часток грають пухирці водню.

При застосуванні розчинних електродів (залізних або алюмінієвих) на аноді відбувається їх розчинення, у результаті чого утворюються пластівці гідроокисів. Такі установки називаються електрокоагуляційно-флотаційними. При витраті стоків до 10-15 м<sup>3</sup>/год флотоустановки однокамерні, а при більшому - двокамерні горизонтального або вертикального типу.



**Рис.5.3 - Горизонтальний флотатор**

*1 - впускна камера; 2 - грата-заспокоювач; 3 - електродна система; 4 - пінозйомник; 5 – пінозбірник; 6 - відвід осаду та спорожнювання флотатора*

Розрахунок установок для електрофлотації або електрокоагуляції зводиться до визначення загального об'єму установки, об'ємів електродного відділення та камери флотації.

### **Контрольні запитання**

1. Які методи нейтралізації застосовують для очистки промислових стічних вод ?
2. Очистка стічних вод за допомогою електрохімічних методів.
3. Як здійснюється процес електрокоагуляції?

## 6. ФІЗИКО - ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ

При фізико-хімічному очищенні використовують наступні методи:

- *коагулювання* із введенням у стічні води речовин – коагулянтів, що сприяють прискоренню виділення з них нерозчинених і частини розчинених забруднень;
- *екстракція* – введення в стічні води речовини, що не змішується з ними, але здатної розчиняти забруднення, що перебувають в них. При цьому сам розчинник не повинен розчинятися у воді.

Рідинна екстракція органічними розчинниками (екстрагентами) - один з найпоширеніших методів добування зі стічних вод фенолів і жирних кислот при відносно високому їхньому змісту, особливо продуктів, що представляють технічну цінність. Процес екстракції є, як правило, багатоступінчастим, тобто складається з ряду послідовно проведених процесів змішання вихідної стічної води з розчинником (екстрагентом) і наступного розподілу рідких фаз, що не змішуються.

- *флотація*, що полягає в пропусканні через стічну воду повітря, пухирці якого при русі нагору захоплюють забруднюючі воду речовини. Під дією молекулярних сил дрібні частки суспензій і емульсій (наприклад, нафтопродуктів) злипаються з пухирцями диспергованого в стічній воді повітря і системи, що утворюються, спливають на поверхню.
- *адсорбція* – здатність деяких речовин концентрувати на своїй поверхні речовини, що перебувають у стічних водах.
- *абсорбція* – це процес переходу молекул речовин з газу в рідину
- *евапорація* - пропуск через нагріту стічну воду водяної пари.

### 6.1. Очистка виробничих стічних вод методом флотації

Флотація відноситься до фізико-хімічних методів очистки стічних вод і застосовується в багатьох виробництвах нафтопереробної, гірської, металургійної промисловості, машинобудівної, хімічної, харчової, целюлозно-паперової, шкіряної, м'ясо-молочної промисловості тощо. Вона

використовується також для виділення активного мулу після біологічної очистки.

Останнім часом широке застосування для прояснення стічних вод, забруднених легкими високодисперсними суспензіями, одержав метод флотації. Ефект флотації полягає в тому, що дисперговані в тонкій суспензії пухирці повітря прилипають до часток суспензії й спливають разом з ними на поверхню рідини, утворюючи над нею піну (флотаційний шлам). У процесі флотації в пінний шар переходять емульсії нафтопродуктів, жирів, а також розчинені в стічних водах різні поверхнево-активні речовини.

Перевагами флотації є безперервність процесу, широкий діапазон застосування, невеликі капітальні вкладення і експлуатаційні витрати, проста апаратура, селективність виділення домішок, у порівнянні з відстоюванням більша швидкість процесу, а також можливість одержання шламу (пінного продукту), більше низької вологості, високий ступінь очистки ( 95-98%), можливість рекуперації речовин, що видаляються, (табл. 1.1). Концентрація нафтопродуктів у стоках після очистки флотацією нижче в порівнянні з очисткою у нафтоуловлювачі.

Серед типів флотаторів найбільше поширення отримав флотатор, побудований на принципі диспергування повітря турбіною насосного типу (імпелером). Такі установки застосовують для видалення зі стічних вод емульгованих нафтопродуктів.

На флотаційний процес впливають: рН стічних вод, температура стоків, солевміст, конструкція флотаційної установки та ін.

Види флотації:

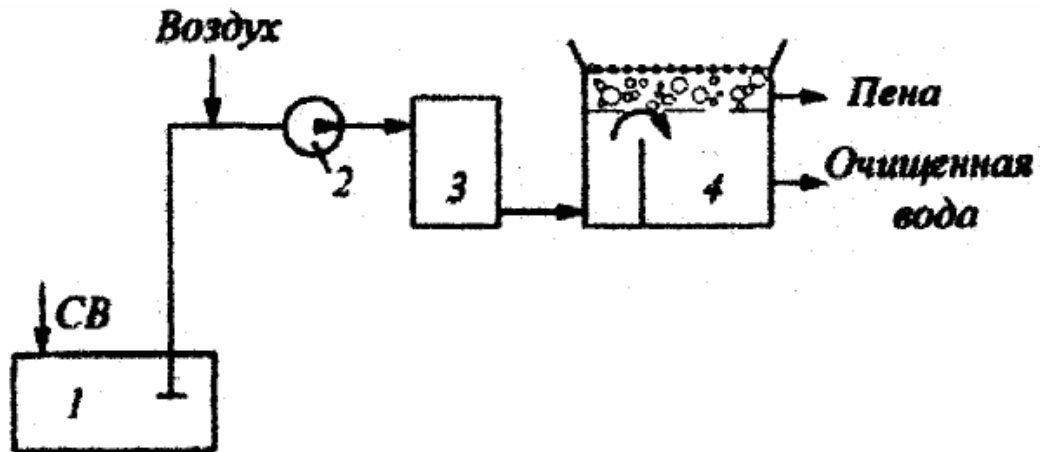
- з виділенням повітря з розчину (напірна, вакуумна, ерліфтна, ежекторна);
- з механічним диспергуванням повітря (імпелерні, безнапірні й пневматичні флотаційні установки);
- з подачею повітря через пористі матеріали;
- електрофлотація;



– біологічна й хімічна флотації.

Флотаційні установки бувають: одно-, двох- і багатокамерні.

Найбільше поширення знайшли напірні установки (рис.6.1). Вони прості й надійні в експлуатації й дозволяють очищати стоки з концентрацією завислих речовин до 5-10 г/л і навіть вище.



**Рис.6.1 - Принципова схема напірної флотації**

*1 - ємкість; 2 - насос; 3 - напірний бак (сатуратор); 4 - флотатор.*

Процес здійснюється у дві стадії:

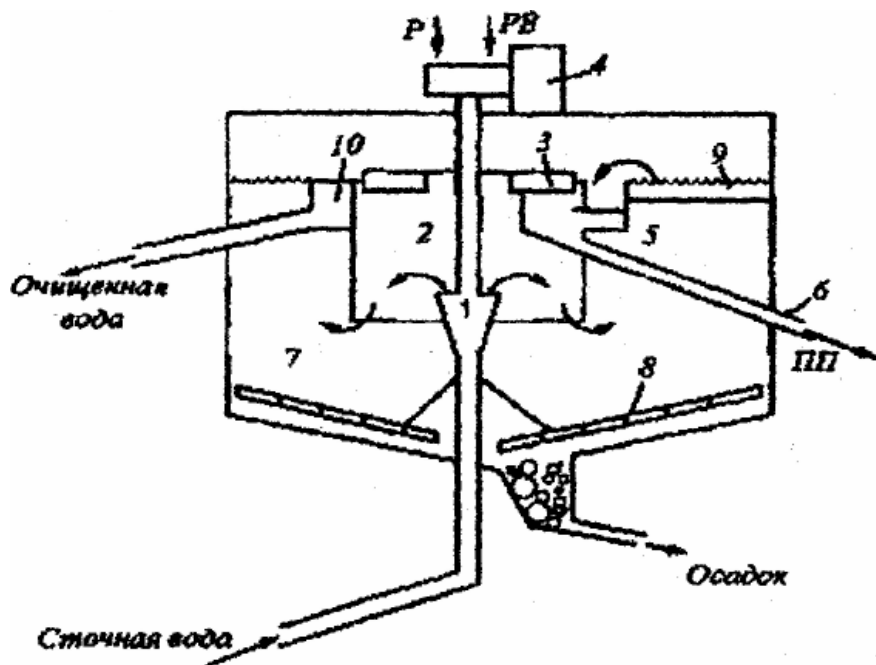
1. Насичення води повітрям під тиском;
2. Виділення розчиненого газу під атмосферним тиском.

Напірні флотоустановки мають продуктивність від 5-10 до 2000 м<sup>3</sup>/год.

При проектуванні флотаторів для очистки стічних вод з витратою до 100 м<sup>3</sup>/год приймаються прямокутні в плані камери глибиною 1-1,5м з горизонтальним рухом води, а з витратою більше 100 м<sup>3</sup>/год — радіальні флотатори глибиною не менше 3 м. Глибина зон флотації й відстоювання приймається не менше 1,5 м, а тривалість перебування води в них відповідно не менше 5 і 15 хв. Площу флотаційної камери слід приймати виходячи з гідравлічного навантаження 3 - 6 – 10 м<sup>3</sup>/год на 1м<sup>2</sup> площі поверхні камери. Горизонтальна швидкість руху води в прямокутних і радіальних флотокамерах - не більше 5 мм/с. Об'єм флотокамери складається з об'ємів робочої зони (глибина 1,0 – 3,0 м), зони формування і нагромадження піни (глибина

0,2– 1 м), зони осаду (глибина 0,5 — 1,0 м). Число флотокамер повинне бути не менше двох і всі камери робочі.

Флотатори-відстійники являють собою комбіновані споруди, що складаються із круглого в плані радіального відстійника з вбудованою у нього підвісною флотокамою (рис.6.2). Воду, що очищається, насичують повітрям за допомогою насоса і подають у флотатор через редукційний клапан, розташований в окремій камері. Застосовують для очистки великих обсягів стічних вод. Розроблені типові проекти радіальних флотаторів і флотаторів - відстійників пропускною здатністю 300, 600 і 900 м<sup>3</sup>/год мають відповідно діаметри 9, 12 і 15 м і глибину 3 м.



**Рис.6.2 - Схема флотатора-відстійника:**

1 - водорозподільник; 2 - підвісна флотокамера; 3 - верхні шкребки; 4 - електропривод; 5 - збірник піни; 6 - вихід пічного продукту; 7 - відстійна камера; 8 - донні шкребки; 9 - зубчастий водозлив; 10 – кільцевий лоток очищеної води; Р - подача реагентів; РВ - рециркуляційна вода; ПП - пічний продукт.

Порядок розрахунку:

1. Об'єм флотатора - відстійника

$$W = Q \cdot t , \quad (6.1.1)$$

де  $Q$  - годинна продуктивність установки (максимальний приплив стоків),  
 $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$t$  - час перебування стічних вод у спорудах, год.

Час  $t$  визначають за формулою

$$t = t_0 + t_\phi, \text{ год}, \quad (6.1.2)$$

де  $t_\phi$  - час перебування води в камері флотації,  $t_\phi = 10-20$  хвил.;

$t_0$  - час перебування води у відстійній камері;  $t_0 = 1,5 - 2$  год.

2. Робоча висота флотатора - відстійника приймається в межах  $H=1, 5-3$  м.

3. Площа дзеркала флотатора-відстійника

$$F = W/H, \text{ м}^2. \quad (6.1.3)$$

4. Діаметр флотатора-відстійника

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}, \text{ м}. \quad (6.1.4)$$

5. Об'єм флотаційної камери

$$W_\phi = Q \cdot t_\phi, \text{ м}^3. \quad (6.1.5)$$

Висота флотаційної камери  $H_\phi$ , тобто відстань від поверхні води до верху водорозподільника, приймається 1-1,2 м.

6. Площа дзеркала флотаційної камери

$$F_\phi = W_\phi / H_\phi, \text{ м}^2. \quad (6.1.6)$$

7. Площа дзеркала флотаційної камери

$$D_\phi = \sqrt{\frac{4F_\phi}{\pi}}, \text{ м}. \quad (6.1.7)$$

8. Висоту нейтрального шару  $h_n$  флотатора-відстійника приймають 0,3 м, а висота борта  $H_\phi \geq 0,3$  м.

9. Будівельна висота флотатора-відстійника  $H_{\text{стр}} = h_\phi + H + h_n$ , м.

10. Розрахунок флотаційних реагентів роблять виходячи з практики очистки вод даної галузі.

Розрахунок флотаційних установок полягає у визначенні об'єму і розмірів флотаційних камер, визначенні кількості шламів, що утворюються

(пінного продукту) і осадів, підбора насосів і визначенні місткості напірних баків.

## **6.2. Очистка стічних вод від розчинених органічних домішок регенераційними методами**

Застосування регенераційних методів для очистки виробничих стічних вод дозволяє не тільки знешкоджувати стічні води, але й вилучати з них цінні домішки. У ряді випадків очищені стічні води можуть бути повторно використані у виробництві. Повернення у виробництво вилучених домішок зменшує продуктивні втрати сировини, реагентів і продукції і часто робить процес очистки стічних вод рентабельним. Створення комплексних безвідхідних виробництв підвищує значення й перспективи використання регенераційних методів очистки стічних вод.

### **6.2.1. Очистка стічних вод методом екстракції**

Екстракційний метод широко застосовується для очистки стічних вод від органічних домішок, особливо фенольних стічних вод термічної переробки твердих палив (вугілля, сланцю, торфу). Використання методу екстракції економічно доцільно у випадку значної концентрації органічних домішок або високої вартості речовини, що вилучається. Наприклад, добування фенолів зі стічної води раціонально при їх концентрації не менше 2 - 4 г/л.

У процесі екстракції розчинена речовина розподіляється між стічною водою і екстрагентом до досягнення рівноваги, яка характеризується законом рівноважного розподілу, що виражають через коефіцієнт розподілу

$$K_p = \frac{C_e}{C_v}, \quad (6.2.1)$$

де  $C_e$ , і  $C_v$  – відповідно концентрація розчиненої речовини в екстрагенті і у воді.

Коефіцієнт розподілу залежить від ряду факторів: температури, присутності домішок у воді та екстрагенті тощо.

Для успішного протікання процесу екстракції екстрагент повинен мати наступні властивості: 1) мати гарну екстрагуючу здатність стосовно речовини, що вилучається, тобто високий коефіцієнт розподілу; 2) володіти певною селективністю - здатністю екстрагувати із складної водної системи одну або певну групу речовин; 3) відрізнятися малою розчинністю у воді (з іншого боку, вода повинна мало розчинятися в екстрагенті); 4) помітно відрізнятися щільністю від щільності води, що забезпечує швидкий і повний розподіл фаз; 5) мати температуру кипіння, що значно відрізняється від температури кипіння екстрагуючої речовини, що забезпечує легкість їхнього розділу; 6) не взаємодіяти з екстрагуючою речовиною, матеріалом апаратури і не піддаватися помітному гідролізу; 7) мати невелику питому теплоту випару й малу теплоємність, що дозволяє знизити витрати пари й охолодної води; 8) мати можливо меншу вогнебезпечність, вибухонебезпечність і токсичність; 9) мати низьку вартість.

Органічні розчинники (наприклад, бензол, прості й складні ефіри) застосовуються для екстракційної очистки стічних вод від фенолів у коксохімічній, сланцепереробній і вуглепереробній промисловості.

У якості екстрагентів при добуванні фенолів у деяких випадках використовують різні технічні продукти, такі, як антраценове масло, сирий бензол, що містить толуол, ксилоли й інші домішки, побічні продукти виробництва бутилового спирту, одержувані при ректифікації бутилового й ізобутилового спиртів. Ці екстрагенти мають низьку вартість і дозволяють значно зменшити вартість очистки стічних вод. Основний недолік зазначених екстрагентів - нестабільність складу.

Часто екстракція сумішшю двох розчинників виявляється більш ефективною, ніж роздільне застосування компонентів суміші.

Для екстракційної очистки стічних вод застосовують схеми багатоступінчастої противоточної екстракції і безперервної противоточної

екстракції. Схеми установок одноступінчастої (однократної) і багатоступінчастої екстракції в перехресному струмі не одержали поширення внаслідок недостатньої ефективності і великої витрати екстрагента.

При екстракції за багатоступінчастою протivotочною схемою стічна вода і екстрагент надходять із протилежних кінців установки, що складається з декількох ступенів, кожна з яких включає змішувач води і екстрагенти та відстійник (або відцентровий сепаратор). Стічна вода і екстрагент рухаються назустріч один одному, в результаті очищена стічна вода виходить із останнього ступеня, а кінцевий екстракт - з першого ступеня. На останньому ступені стічна вода, що містить невелику кількість вилучаємих домішок змішується зі свіжим екстрагентом, а на першому ступені вихідна стічна вода контактує з екстрагентом, що містить деяку кількість домішок. Завдяки цьому досягається більш рушійна сила процесу екстракції й висока ефективність очистки стічних вод.

При безперервної протivotочної екстракції стічна вода (дисперсійне середовище) і краплі диспергированного екстрагента (дисперсна фаза) рухаються назустріч один одному й домішки стічної води безупинно переходять в екстрагент. Поділ фаз відбувається на вході й виході з апарата. Ця схема також забезпечує високу рушійну силу процесу екстракції.

При безперервній протivotочній екстракції стічна вода (дисперсійне середовище) та краплі диспергированного екстрагента (дисперсійна фаза) рухаються назустріч одна одній і домішки стічної води безперервно переходять в екстрагент. Розділ фаз здійснюється на вході та виході з апарата. Ця схема також забезпечує високу рушійну силу процесу екстракції.

У деяких випадках екстрагент може бути дисперсійним середовищем. Метод безперервної протivotочної екстракції найбільш часто використовується для очистки стічних вод.

Відповідно до зазначених схем для очистки стічних вод застосовують дві групи екстракційних апаратів:

- 1) східчасті екстрактори;

2) диференційно-контактні екстрактори, у яких відбувається практично безперервна зміна складу фаз.

Технологічна схема очистка стічних вод екстраційним методом залежить від кількості і складу стічних вод, властивостей екстрагента, способу його регенерації й ряду інших факторів. Зазначена технологічна схема включає звичайно чотири установки: 1) підготовки води; 2) екстракції; 3) регенерації розчинника з очищеної води; 4) регенерації розчинника з екстракту.

До складу установок підготовки води для екстракційної очистки звичайно включають відстійники, флотатори, фільтри для механічної очистки; нейтралізатори для доведення рН до необхідної величини; карбонізатори для обробки стічних вод, що містять аміак; поверхневі холодильники для охолодження стічної води до температури не вище 30 – 40<sup>0</sup>С.

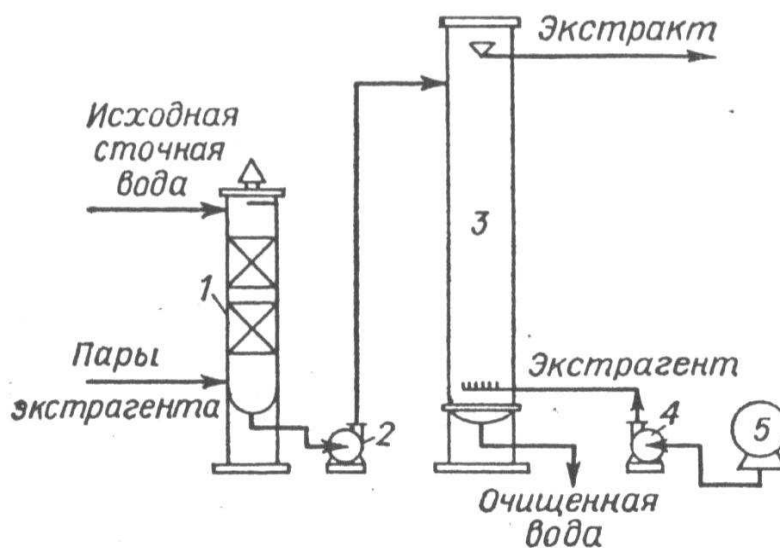
Очищена від емульгованих і суспендованих часток (наприклад, смол, масел, нафталіну, золи) стічна вода надходить на екстракційну установку. До складу цієї установки входять колона для уловлювання пари розчинника 1 (рис.6.3), насоси 2, 4, екстрактор 3 і збірник екстрагента 5. Колона 1 звичайно являє собою зрошувальну насадочну колону, вода в яку подається зверху, а гази, що не конденсують, і пари з апаратів надходять знизу.

Розчинений у воді екстрагент звичайно регенерує шляхом відгону у вигляді азеотропної суміші з водою. Відгін розчинника здійснюється звичайно в насадковій колоні, в яку зверху подається підігріта очищена вода, а знизу - гостра пара. Вода, що подається в колону, піддається за рахунок тепла води, що виходить із колони.

Розчинники, що мають високий тиск пари, можуть бути регенеровані шляхом отдувки повітрям або іншими газами. Це дозволяє знизити витрату тепла на підігрів води, а також зменшити втрати розчинника, викликані гідролізом при підвищеній температурі.

Для розчинників, що легко гідролізуються, мають високу вартість і володіють високою температурою кипіння, теплоємністю й теплотою паротворення, може бути доцільним застосування методу реекстракції.

Сутність методу полягає в тому, що розчинник з води екстрагується іншим більш дешевим розчинником, що потім може бути легко вилучений з води методом перегонки.



**Рис. 6.3 - Схема екстракційної установки для очистки стічних вод від фенолів:**

*1 - колона уловлювання пари екстрагента; 2, 4 - насоси;  
3 - екстрактор; 5 - збірник екстрагента*

Для регенерації розчинника з фенольних екстрактів застосовують двоступінчасту ректифікацію. На першому ступені в ректифікаційній колоні, що працює при атмосферному тиску, відганяється частина розчинника. Згущений екстракт надходить для повного видалення розчинника в ректифікаційну колону другого щабля, що працює під вакуумом  $6 \cdot 10^3$  Па або при атмосферному тиску. Відгін розчинника у вигляді азеотропної суміші з водою, що має температуру менше  $100^{\circ}\text{C}$  (для азеотропної суміші бутилацетат – вода –  $90,2^{\circ}\text{C}$ ), виробляють гострою парою.

### **6.2.2. Очистка перегонкою і ректифікацією**

Перегонка і ректифікація є одним з найпоширеніших методів видалення зі стічних вод розчинених органічних рідин. Установки перегонки і ректифікації стічних вод, як правило, входять до складу технологічних схем основних



виробництв. Видалені зі стічної води домішки звичайно використовують на цих же виробництвах.

Для очистки стічних вод застосовують просту перегонку, перегонку в присутності водяної пари або інертних носіїв, азеотропну перегонку, а також ректифікацію у відгінних колонах, у присутності водяної пари і азеотропну ректифікацію.

Специфічність процесу очистки стічних вод цими методами обумовлюється відносно малими концентраціями домішок і необхідністю практично повного виділення їх зі стічних вод.

*Просту перегонку* проводять на установці періодичної дії шляхом поступового випару стічної води, що перебуває в перегінному кубі. Пари, що утворюються, конденсуються в конденсаторі-холодильнику, і дистилят надходять у збірник. Просту перегонку здійснюють також і безперервним методом. Метод простої перегонки доцільно застосовувати для очистки стічних вод від домішок, температура кипіння яких значно нижче температури кипіння води (ацетон, метиловий спирт і т.п.).

Досить часто для очистки стічних вод застосовують перегонку з водяною парою. Відмінність цієї схеми від простої перегонки полягає у введенні гострої пари безпосередньо в стічну воду, що спрощує конструкції перегінних апаратів, знижує витрату тепла на перегонку. Для відгону зі стічної води домішок використовують інертні носії, наприклад газу, азот, діоксид вуглецю та ін. Застосування цього методу доцільно для виділення домішок, що мають високий тиск пари і, відповідно, низьку температуру кипіння, зміст яких у стічній воді не великий (100 - 200 мг/л).

Недоліком методу відгону з інертними носіями є складності, які пов'язані з відділенням дистиляту, що важко спалюється від інертного носія.

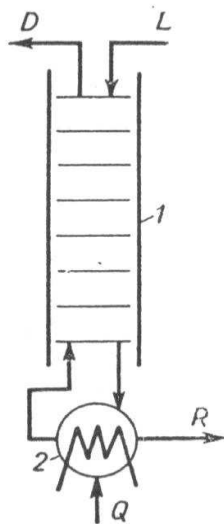
### *Ректифікація*

Схема *ректифікаційної відгінної колони* представлена на рис.6.4. Стічна вода в рідкій фазі L подається на верхню тарілку відгінної колони 1 (або на

насадку), з якої відводяться пари  $D$  зі складом  $V_D$ , що є одним з кінцевих продуктів. Стічна вода з нижньої тарілки відводиться в парціальний кип'ятильник 2, у якому за рахунок подачі тепла  $Q$  піддається частковому википанню і утворює при цьому потік пари, що повертається в колону як парове зрошення. Стічна вода  $R$ , що має склад  $X_R$  відводиться як основний продукт.

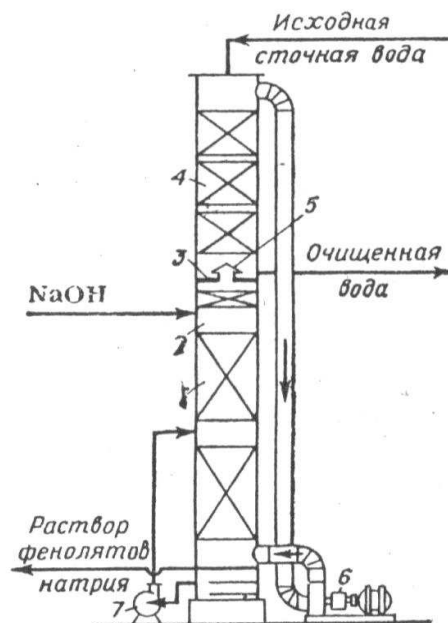
Метод очистки у відгінних ректифікаційних колонах застосовується для виділення зі стічних вод багатьох органічних домішок (бензолу, хлорбензолу, бутилацетата та ін.).

Паро циркуляційний метод очистки полягає у ректифікації стічних вод у відгінній колоні з використанням циркулюючої водяної пари та послідууючої відмивки циркулюючої пари за допомогою луги або інших реагентів. Принципова схема скрубера для знефенолювання стічних вод пароциркуляційним методом наведена на рис. 6.5.



**Рис. 6.4 - Принципова схема відгінної колони:**

- 1 - відгінна колонна;
- 2 - кип'ятильник



**Рис. 6.5 - Принципова схема скрубера для знефенолювання стічних вод пароциркуляційним методом:**

- 1 - поглинальна секція; 2 - скрубер;
- 3 - глуха тарілка; 4 - відгінна секція;
- 5 - патрубок; 6 - вентилятор; 7 - насос для циркуляції розчину фенолятів

### **6.3. Очистка стічних вод від розчинених органічних домішок деструктивними методами**

До основних деструктивних методів знешкодження стічних вод від органічних домішок відносяться термоокислювальні, окислювальні методи (наприклад, озонування, хлорування), а також електрохімічне окислення. Деструктивні методи застосовують у разі неможливості або економічної недоцільності вилучення домішок зі стічних вод. Вибір деструктивного методу для знешкодження стічних вод здійснюється з урахуванням витрати стічних вод, складу та властивостей домішок, вимог до якості очищеної води та можливості її повторного використання.

До термоокислювальних методів знешкодження стічних вод відносяться парофазне окислювання (“вогневий” метод) та рідкофазне окислювання. Сутність цих методів полягає в окислюванні домішок киснем повітря при підвищеній температурі.

#### **6.3.1. “Вогневий” метод**

Сутність термоокислювального методу знешкодження “вогневим” методом заключається у тому, що стічна вода, яка вводиться в розпиленому стані у високотемпературні (900-1000°C) продукти горіння палива, випаровується і органічні домішки води згорають, утворюючи продукти повного згорання. Мінеральні домішки при цьому утворюють тверді або розплавлені частки, які вводяться з робочої камери печі або уносяться димовими газами.

Недоліком цього методу є висока втрата палива та перегрів водяної пари до 900-1000°C. У зв'язку з цим застосування “вогневого” методу знешкодження стічних вод доцільно:

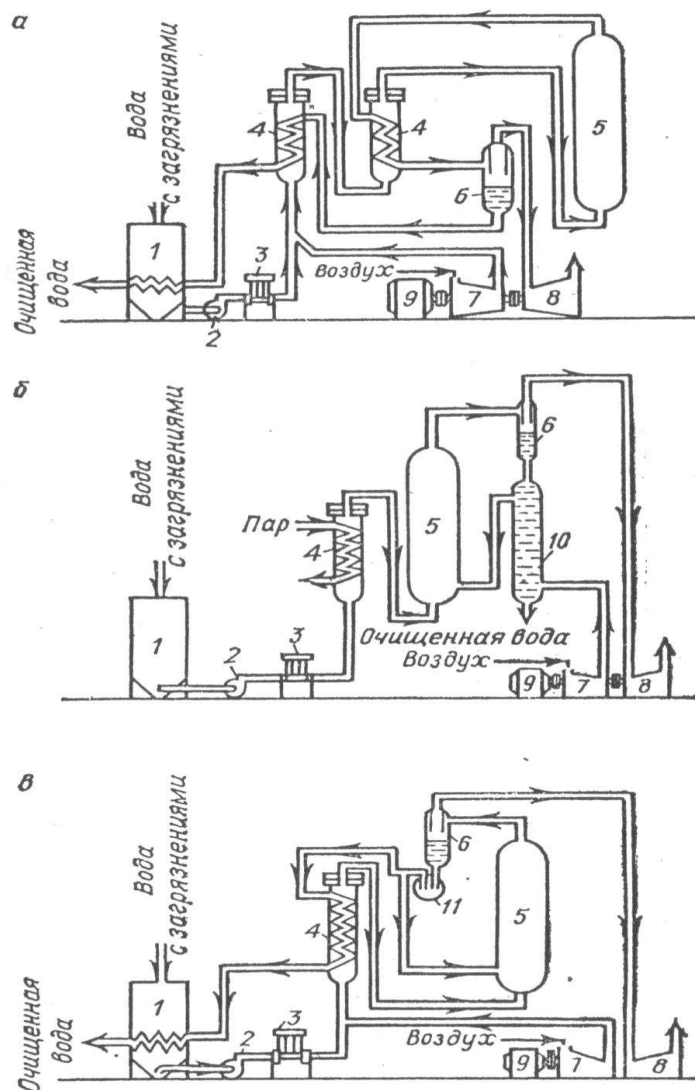
- 1) для невеликої кількості стічних вод, що містять високотоксичні органічні домішки, вилучення та знешкодження яких іншими методами неможливо або економічно недоцільно;
- 2) при вилученні розчинених цінних мінеральних домішок;

- 3) у разі наявності горючих виробничних відходів (наприклад, кубові залишки, що скидаються), гази які можуть бути використані замість палива.

### **6.3.2. Метод рідкофазного окислювання**

Сутність термоокислювального рідкофазного знешкодження стічних вод («мокрого» спалювання) полягає в окислюванні киснем повітря органічних домішок стічної води при підвищеній температурі (звичайно до  $350^{\circ}\text{C}$ ) і тиску, що забезпечує знаходження води в рідкій фазі. Температура процесу повинна бути нижче  $374^{\circ}\text{C}$  – критичної температури води. Перевага даного методу знешкодження стічних вод полягає в значно менших витратах тепла внаслідок відсутності необхідності випару води і нагрівання пар до високих температур. Залежно від температури і часу контакту окислювання органічних домішок стічних вод відбувається повністю або частково.

Принципова технологічна схема установки термоокислювального рідкофазного знешкодження стічних вод представлена на рис. 6.6, а. Стічна вода зі збірника 1 за допомогою відцентрового насоса 2 і насоси високого тиску 3 подається через теплообмінники 4 (I і II ступеня) в реактор 5. У теплообмінниках стічна вода підігрівається за рахунок тепла очищеної стічної води. Стиснене повітря від компресора 7 подається в трубопровід стічної води перед теплообмінником I ступеня, тому процес окислювальної деструкції домішок стічних вод починається в теплообмінниках і трубопроводах і триває в реакторі. Суміш продуктів окислювання - вода, пара, гази й зола - з реактора через теплообмінник 4 (II ступеня) надходить у сепаратор 6, у якому газові продукти відділяються від рідини. Газова фаза із сепаратора надходить у блок утилізації енергії, що складає з повітряного компресора 7, газової турбіни 8 і мотора-генератора 9. Вихлопні гази з турбіни викидаються в атмосферу. Рідка фаза, що містить золу, проходить теплообмінник I ступеня і змієвиковий теплообмінник, розташований у збірнику 1, в яких віддає своє тепло вихідній стічній воді.



**Рис. 6.6 - Схеми установок для знешкодження стічних вод, що містять різні кількості забруднень**

*а* - універсальна установка; *б* - великі кількості забруднень; *в* - малі кількості забруднень: 1 - збірник стічної води; 2 - насос; 3 - насос високого тиску; 4 - теплообмінник; 5 - реактор; 6 - сепаратор; 7 - повітряний компресор; 8 - газова турбіна; 9 - синхронний мотор-генератор; 10 - зволожувач; 11 - циркуляційний насос.

Для знешкодження стічних вод, що містять значну кількість органічних домішок, може застосовуватися схема установки, яка зображена на рис. 6.6, б. Висока концентрація домішок виключає необхідність підігріву води в теплообміннику, крім пускового періоду. У той же час доцільно здійснювати підігрів повітря і зволожувати його у зволожувачі 10.

Для очистки стічних вод, що містять невелику кількість органічних домішок, більш придатна схема, що надана на рис. 6.6, в. За цією схемою виробляється циркуляція гарячої очищеної води з метою більш повної віддачі тепла вихідній стічній воді.

Рекуперація надлишкової кількості тепла можлива також шляхом одержання водяної пари, використовуваного потім для опалення або на виробництві.

Ефективність знешкодження стічних вод залежить в основному від температури процесу окислювання. Зі збільшенням температури вміст домішок у стічній воді різко зменшується, а швидкість реакції окислювання зростає. Збільшення парціального тиску кисню при постійній температурі практично не робить впливу на ефективність процесу окислювання.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водоотводящие системы промышленных предприятий: Учеб. для вузов/ С.В. Яковлев, И.Я. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов / Под ред. С.В.Яковлева. - М.: Стройиздат,1990. – 510с.
2. Яковлев С.В., Карелин С.В., Ласков Ю.М., Калицун В.И. Водоотведение и очистка сточных вод. Учеб. для вузов.- М.: Стройиздат, 1996.-591с.
3. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учеб. для вузов. - М.: АСВ, 2004.-704с.
4. Рациональное использование и защита водных ресурсов в черной металлургии / Красавцев Г.Н., Ильичев Ю.И., Кашуба А.И. – М.: Металлургия, 1989. – 288с.
5. Водоснабжение, канализация и очистка сточных вод коксохимических предприятий / Григорук Н.О., Пушкарев Г.П. - – М.: Металлургия, 1987. – 120с.
6. Ансеров Ю.М., Дурнев В.Л. Машиностроение и охрана окружающей среды. -Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1979.-224с.
7. Рациональное использование и очистка воды на машиностроительных предприятиях / В.М. Макаров, Ю.П. Беличенко, В.С. Галустов. - М.: Машиностроение, 1988.-272с.
8. Жуков А. И., Монгайт И. Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод. (Справ. пособие) Под ред. А.И. Жукова. М.: Стройиздат, 1977. – 204с.
9. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. / Под ред. В.Н. Самохина. Изд. 2-е. М.: Стройиздат, 1981.-639с.
10. Долина Л.Ф. Проектирование и расчет сооружений и установок для механической очистки производственных сточных вод: Учеб. пос. - Днепропетровск: Континент, - 2004.-93с.
11. Долина Л.Ф. Проектирование и расчет сооружений и установок для физико-химической очистки производственных сточных вод: Учеб. пос. - Днепропетровск: Континент, 2004.-127с.
12. Проскуряков В.А., Шмидт Л.И. Очистка сточных вод в химической промышленности. – Л.: Химия, 1977. – 464с.
13. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. - М.: Стройиздат, 1986.
14. Дикаревский В.С., Курганов А.М., Нечаев А.П., Алексеев М.И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. - Л.: Стройиздат, 1990.-224с.
15. Молоков М.В., Шифрин В.Н. Очистка поверхностного стока с территории городов промышленных площадок. – М.: Стройиздат, 1977. – 104с.
16. Соколов Л.И. Ресурсосберегающие технологии в системах водного хозяйства промышленных предприятий М.: Изд-во АСВ, 1997.-256с.

## ЗМІСТ

	Стор
Розділ І. ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ...	3
ВСТУП.....	3
1. ПРОМИСЛОВІ СТІЧНІ ВОДИ.....	4
1.1. Класифікація стічних вод, які відводяться з території ПП.....	4
1.2. Склад властивості виробничних стічних вод. Режим водовідведення.....	5
2.ОСОБЛИВОСТІ ВОДОВІДВЕДЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ .....	10
2.1 Системи водовідведення ПП.....	10
2.2 Умови випуску промислових стічних вод у систему міської каналізації та водні об'єкти.....	14
3. ПОВЕРХНЕВО-ЗЛИВОВИЙ СТОК З ТЕРИТОРІЙ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	17
3.1. Особливості хімічного складу поверхнево-зливого стоку ПП.....	17
3.2. Засоби каналізування та очистки поверхневого стоку.....	19
Розділ ІІ. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД.....	21
4. МЕХАНІЧНА ОЧИСТКА ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД.....	21
4.1 Усереднення та проціджування промислових стічних вод.....	23
4.2 Гравітаційне відстоювання. Основні типи відстійників.....	28
4.3 Методика моделювання процесу осадження завислих речовин.....	35
4.4 Очистка стічних вод від дрібнодисперсних і колоїдних домішок за допомогою коагуляції і флокуляції.....	36
4.5 Тонкошарові відстійники.....	39
4.6 Відстійники спеціального призначення .....	42
4.7 Відстоювання у полі відцентрових сил.....	45
4.7.1 Напірні гідроциклони і центрифуги.....	45



4.7.2 Відкриті гідроциклони, флокулятори.....	48
4.8 Очистка вод методом фільтрування.....	53
5. ХІМІЧНА ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД.....	58
6. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ.....	63
6.1 Очистка стічних вод методом флотації.....	63
6.2 Основні засоби регенеративної очистки стічних вод від розчинених органічних домішок.....	68
6.2.1. Очистка стічних вод методом екстракції.....	68
6.2.2 Очистка перегонкою та ректифікацією.....	72
6.3 Очистка стічних вод від розчинених органічних домішок деструктивними методами.....	75
6.3.1 “Вогневий” метод.....	75
6.3.2 Метод рідкофазного окислювання.....	76
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	78

**Навчальне видання**

**АЙРАПЕТЯН Тамара Степанівна**

Конспект лекцій

з дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД»**

(для студентів 4 курсу денної форми навчання напряму підготовки  
«Гідротехніка (Водні ресурси)», 0926 «Водні ресурси»)

Редактор *М. З. Аляб'єв*

Коректор *З. І. Зайцева*

План 2008, поз. 112 Л

---

Підп. до друку 22.05.2008  
Друк на ризографі.  
Зам. №

Формат 60× 84 1/16  
Ум. друк. арк. 3,5  
Тираж 100 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 731 від 19.12.2001